

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

TESIS

**“MÉTODO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE
INNOVACIÓN CON FINES COMERCIALES.”**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA**

PRESENTA:

ING. FREDDY ANTONIO IX ANDRADE

ASESOR:

DR. JOSÉ RAMÓN ATOCHE ENSEÑAT

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO.

28 DE NOVIEMBRE DE 2014



"2014, Año de Octavio Paz"

DEPENDENCIA: DIV. DE EST. DE POSG. E INV.
OFICIO N0 X. 266/2014

Mérida, Yuc., 03/noviembre/2014

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

FREDDY ANTONIO IX ANDRADE
PASANTE DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA
PRESENTE

De acuerdo al fallo emitido por su asesor el Dr. José Ramón Atoche Enseñat, y la comisión revisora integrada por el Dr. Carlos Alberto Luján Ramírez, el M.C. Jorge Carlos Canto Esquivel, y el M.C. José Agustín Hernández Benítez, considerando que cubre los requisitos establecidos en el Reglamento de Titulación de los Institutos Tecnológicos le autorizamos la impresión de su trabajo profesional, con la **TESIS:**

"MÉTODO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN CON FINES COMERCIALES"

A T E N T A M E N T E
IN HOC SIGNO VINCES

M.C. MIRIAM H. SÁNCHEZ MONROY
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p. Titulación de posgrado
c.p. Servicios Escolares
C.p. Archivo

MHSM/fjaa



Agradecimientos

Doy gracias a Dios por regir nuestras vidas con su soberanía.

Gracias a mi esposa Sheila por su apoyo en mis logros académicos y laborales.

Gracias a mi familia, mis padres Mario y Lizbeth por alentarme a proponerme más metas.

Gracias al grupo académico de maestros y doctores con los cuales completé esta etapa de mi formación académica, en especial al Dr. José Ramón Atoche Enseñat por dirigir éste tesis que a demás de su apoyo académico recibí su soporte personal.

Resumen

El objetivo de ésta tesis es la elaboración de un método para desarrollar proyectos de innovación tecnológica que involucren diseño, desarrollo y la puesta a punto de dispositivos electrónicos, con el fin de cubrir necesidades comerciales. Para ello se estableció una metodología a seguir, basada en la experiencia laboral, en el desarrollo de proyectos y en el análisis de bibliografía orientada al tema. El contenido de la metodología se divide en 4 principales fases o etapas, dentro de las cuales se recurre a las iteraciones en sus procesos para lograr definir cada objetivo de las mismas. Diseño, Desarrollo, Pruebas y Formalización, es el nombre de cada una de estas fases el cual define claramente las actividades realizadas.

Dentro del desarrollo de esta tesis se propone el trabajo en conjunto de la electrónica y mecánica para establecer un buen “Diseño para Manufacturabilidad” así como también la implementación de prototipado rápido en cuestiones de manufactura a nivel prototipo de tarjetas electrónicas e impresiones 3D para muestras preliminares del diseño mecánico. Se logró establecer un panorama de desarrollo de actividades en paralelo, se consideraron actividades importantes las cuales normalmente no son implementadas en etapas tempranas de desarrollo de dispositivos electrónicos, es decir, en etapas de prototipado, consideraciones como procesos de normalización o regulación e implementación de estándares en sus diseños iniciales, lo cual arroja resultados en la reducción de tiempos en la ejecución de proyectos, así como otras recomendaciones para obtener un flujo adecuado en el desarrollo de las actividades. Además de lo antes mencionado se dan a conocer algunas técnicas usadas en la industria de la manufactura electrónica con el fin de ser consideradas desde el inicio y tomar las medidas necesarias en el diseño y prevenir pérdidas en tiempo en rediseños y modificaciones.

Índice General.

1.	Presentación.....	1
1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Planteamiento del problema.....	2
1.3.	Objetivos.....	4
1.3.1.	Objetivo general.....	4
1.3.2.	Objetivos específicos.....	4
1.4.	Justificación.....	4
1.5.	Estado del Arte.....	5
2.	Marco Teórico.....	10
2.1.	Diseño para Manufactura.....	10
2.1.1.	Conceptos de Diseño para Manufactura.....	10
2.1.2.	Métodos de Diseño para Manufactura.....	11
2.2.	Proceso Unificado Racional (RUP).....	11
2.2.1.	El proceso RUP.....	15
2.2.2.	Fases e iteraciones: el eje de tiempo.....	16
2.2.3.	Fases y sus propósitos.....	17
2.2.3.1.	Fase de Inicio.....	17
2.2.3.2.	Fase de Elaboración.....	18
2.2.3.3.	Fase de Construcción.....	20
2.2.3.4.	Fase de transición.....	21
2.2.3.5.	Iteraciones.....	23
2.2.3.6.	Beneficios de una aproximación iterativa.....	23
2.2.3.7.	Estructura estática del proceso.....	23
2.3.	Aceptabilidad de Ensamblajes Electrónicos (IPC).....	23
2.3.1.	Trabajo de ensamblaje de electrónicos (IPC-A-610).....	25

2.3.2.	Propósito.....	26
2.3.3.	Clasificación.....	27
2.3.3.1.	Clase 1 –Productos Electrónicos en General	27
2.3.3.2.	Clase 2 – Productos Electrónicos de Servicio Especializado.	27
2.3.3.3.	Clase 3 –Productos Electrónicos de Alto Rendimiento y Confiabilidad	27
2.4.	Normas Mexicanas	27
2.4.1.	Normas Oficiales Mexicanas	28
2.4.2.	Normas Mexicanas	29
2.5.	Generalización del concepto “Pruebas” en la industria electrónica	30
2.5.1.	Pruebas en el Circuito (ICT)	30
2.5.1.1.	Máquinas estándar ICT	33
	Sonda de pruebas al vuelo (Flying Probe Tester).....	33
	Analizador de Defectos de manufactura.	34
	Probador de cables (Cableform Tester).	34
2.5.2.	Prueba Funcional.....	34
3.	Desarrollo.....	36
3.1.	Introducción	36
3.2.	Definición de estrategias importantes en el desarrollo.....	37
3.3.	Diagrama del proceso.....	40
3.4.	Requerimientos.....	40
	Resultado:.....	42
3.5.	Investigación	42
3.5.1.	Propiedad Intelectual.....	43
3.5.2.	Normatividad Vigente	43
3.5.3.	Selección de tecnologías y herramientas a utilizar.....	43
3.5.4.	Identificación de proveedores	44
3.6.	Diseño.....	45
3.6.1.	Fase de Requerimientos.- Diseño Inicial.....	45

3.6.2.	Fase de Desarrollo.- Diseño de Tarjeta Electrónica	45
3.6.2.1.	Consideraciones IPC	46
3.6.2.2.	Puntos de prueba	48
3.6.3.	Fase de Desarrollo.- Diseño Mecánico	48
3.7.	Simulación.....	51
3.8.	Prototipado Rápido.....	52
3.9.	Prototipo	55
3.10.	Pruebas	56
3.11.	Certificación.....	60
3.12.	Métricas.....	61
3.12.1.	Tiempo	61
3.12.2.	Validación externa	63
3.13.	Recomendaciones	64
3.13.1.	Organización interna de las jerarquías de los departamentos de trabajo.	64
3.13.2.	Administración del tiempo	67
3.13.3.	Componentes electrónicos disponibles.....	68
3.13.4.	Plantear un método de prueba	68
4.	Resultados	70
4.1.	Diseño Mecánico.....	70
4.2.	Diseño electrónico.....	71
4.3.	Tiempo de ejecución del proyecto.....	74
4.4.	Producto comercial.....	76
5.	Conclusión	79
5.1.	Trabajos Futuros.....	80
6.	Bibliografía	82
7.	Glosario.....	85

Índice de tablas

Tabla 2-1.- Sumario de Documentos IPC.....	26
Tabla 3-1.- Tabla proveedores prototipado rápido	55
Tabla 3-2.- Tiempos estimados Fase 1	62
Tabla 3-3.- Tiempos estimados Fase 2	62
Tabla 4-1.- Observaciones, retroalimentación para Diseño para Manufacturabilidad (DFM). 74	
Tabla 4-2.- Tiempos de actividades.....	75

Índice de Figuras

Figura 2-1.- Gráfica del modelo iterativo [10].....	16
Figura 2-2.- Concepto básico del sistema de pruebas en el circuito (ICT)	32
Figura 3-1.- Diagrama de Fases	40
Figura 3-2.- Ejemplo diseño asistido por computadora (CAD)	49
Figura 3-3.- Diseño conjunto de Electrónica y Mecánica.....	50
Figura 3-4.- Trabajo entre los departamentos de diseño[28].....	51
Figura 3-5.- Simulación física y/o computacional	52
Figura 3-6.- Flujo de prototipado rápido de tarjeta electrónica (PCB)	53
Figura 3-7.- Flujo de prototipado rápido mecánico.....	54
Figura 3-8.- Iteraciones para prototipos	56
Figura 3-9.- Pruebas	57
Figura 3-10.- Técnicas de prueba en la industria	59
Figura 3-11.- Flujo de jerarquía tradicional [15].....	65
Figura 3-12.- Jerarquía paralela	66
Figura 3-13.- Reducción de tiempos de desarrollo.	67
Figura 4-1.- Vista a modo explosión de diseño mecánico.....	70
Figura 4-2.- Tarjeta electrónica, capa superior (TOP).....	71
Figura 4-3.- Tarjeta electrónica, capa inferior (Bottom)	72
Figura 4-4.- Anotaciones en diseño de tarjeta electrónica.	73
Figura 4-5.- Paralelización de trabajo	76
Figura 4-6.- Plásticos inyectados del molde final	77
Figura 4-7.- Tarjeta electrónica final	77
Figura 4-8.- Vista inferior del dispositivo	78
Figura 4-9.- Producto comercial.....	78

1. PRESENTACIÓN.

1.1. **Introducción.**

El campo de trabajo en las tecnologías de la información, ofrece el desarrollo de conocimiento a partir de la generación de soluciones a problemas cotidianos. Una solución tecnológica puede contener el uso de varias disciplinas para resolver un problema, por ejemplo, disciplinas como ciencias de la computación, electrónica, matemáticas, física y química.

En la era actual de las computadoras y dispositivos electrónicos, es más complicado innovar en soluciones aplicadas, debido a que el ser humano en su nivel avanzado de desarrollo, aplica el conocimiento tecnológico para resolver cualquier situación. Lo anterior causa que, para crear soluciones se necesita de un alto nivel de conocimiento e integración de tecnologías. Dos campos conocidos mundialmente son el Software y el Hardware, complementos mutuos pues sin hardware no se puede ejecutar el software. La electrónica ah sido un eslabón importante en el desarrollo tecnológico de la humanidad, con más frecuencia nuevos dispositivos electrónicos son comercializados para atender necesidades y cada vez es más frecuente encontrar nuevas tecnologías, lo que resulta en un nivel de competencia entre los sectores productivos de tecnologías en el mundo. La velocidad a la que una compañía debe producir un nuevo dispositivo debe ser tan rápida para no ofrecer oportunidad a la competencia.

Un tema, que si bien no es muy estudiado, es el de buscar los métodos adecuados para obtener nuevos productos en menor tiempo y costo. Empresas de talla mundial generan sus propios métodos para producir tecnología, sin embargo, son procedimientos orientados a su inercia de trabajo, muy difícilmente se puedan implementar en otras compañías, cada empresa y proyecto es diferente.

México ha comenzado a sumarse a la economía basada en el conocimiento, esto quiere decir, que hasta hace algunos años la economía le comenzó a apostar a la preparación de sus profesionistas para la generación de ciencia y tecnología. Poco a poco los desarrollos tecnológicos han comenzado a tomar importancia entre diferentes disciplinas para crear soluciones. Yucatán, estado que se encuentra en la península sur del país, contiene un plan de

desarrollo estatal (2012-2018) con miras a la generación de nuevas oportunidades para el ámbito de ciencia y tecnología. Con licenciaturas enfocadas a la integración de diferentes disciplinas como Biomédica y Mecatrónica, se prevé el aumento de la matrícula de profesionistas para los años siguientes, de este modo las medidas económicas se han comenzado a tomar en cuenta para combatir el posible rezago laboral.

La creación de tecnología en los sectores de investigación en el estado, si bien, su demanda no está comparada con las zonas centro y norte del país, es una necesidad palpable en las empresas que han comenzado a escribir su trayectoria en éste ámbito, mediante la creación de tecnología de interacción, es decir, productos integrales que contienen un dispositivo electrónico y una infraestructura software para manejar aplicaciones en internet. El giro de empleos ha comenzado a integrar empleos orientados al desarrollo de tecnología y no solo al mantenimiento industrial de servicios como la electricidad, telefonía y video. Para afrontar este cambio, la orientación a la preparación de los futuros profesionistas debe estar de la mano al entrenamiento para el desarrollo de tecnología. El entorno cambia y por ende un cambio en la adaptación del medio laboral es necesario.

El desarrollo de productos tecnológicos, además de contener al personal capacitado para obtener el producto final, debe ser ejecutado bajo una metodología que asegure el éxito al final del proyecto. Existen experiencias que comparten las empresas sumergidas en éste tipo de industria, de cómo desarrollar dispositivos o producto electrónico o tecnológico, sin embargo, no son adaptables al panorama inicial que se vive localmente. Ésta tesis propone un método entendible para lograr el desarrollo de tecnología, sobre todo enfocado al diseño electrónico, recabado de la experiencia obtenida de los primeros pasos de desarrollo de productos en el ámbito local.

1.2. Planteamiento del problema.

Actualmente el campo laboral se vuelve más estricto a la selección de habilidades contenidas en las personas sustentantes para los puestos o vacantes ofrecidas, dichas habilidades en muchas ocasiones van más allá de las adquiridas en las aulas donde se obtiene la formación académica, donde el estudiante recién egresado obtiene todo el conocimiento técnico teórico y

logra concluir sus estudios con el perfil de egreso propuesto por la institución profesional. Comúnmente las ingenierías enfocadas a las Tecnologías de la Información se enfocan en dar todo el soporte técnico, teórico y práctico al estudiante cumpliendo con los estándares de calidad propuestos en los planes de estudio, restando atención a diversos procesos o metodologías que predominan en su momento en el ámbito laboral, es decir, la mayoría de las veces la formación académica no cumple con las expectativas de la industria, pues es de bien saber, que la experiencia laboral es como base un requisito predominante en el perfil del futuro profesionista, debido a que la experiencia dota de conocimiento al empleado.

En la región, no se cuenta con la experiencia en la generación de productos electrónicos para su comercialización. Las ingenierías afines (electrónica, mecatrónica, etc.) forman ingenieros con capacidades de diseño, pero en general no se espera que se dediquen a ello de manera profesional. Probablemente por estas razones no se enseña en estas carreras los métodos que se deben seguir y los requisitos que se deben cubrir para que un diseño electrónico pueda llegar a ser manufacturado industrialmente para su comercialización

El problema puntual:

Un campo laboral actual en la ciudad de Mérida Yucatán, es el desarrollo de proyectos tecnológicos de innovación donde se involucran las tecnologías de la información en el desarrollo de dispositivos funcionales, entre ellas, la electrónica, mecatrónica y ciencias de la computación, donde la ejecución de proyectos requiere de habilidades en administración y desarrollo de prototipos ya sea hardware o software, hasta obtener el resultado final con criterios de comercialización. Para lo anterior, Mérida Yucatán no tiene aún, el nivel de integración industrial, como el que tienen otras ciudades nacionales como Guadalajara Jalisco, donde se pueden encontrar gran cantidad de empresas con el giro de desarrollo de productos tecnológicos, es por eso que en Mérida, para las empresas que buscan emprender negocios con desarrollo de tecnología, que involucra principalmente hardware, aún no se cuenta con las bases o cimientos para llevar a cabo desde el planteamiento de la “idea” hasta la concepción material del mismo, involucrando la masificación o producción industrial del producto.

En resumen, no se cuenta en el medio con el conocimiento adecuado para la correcta administración de este tipo de proyectos, de igual manera, las universidades no atacan aún la enseñanza de métodos que involucren el desarrollo industrial para manufactura, en este caso específico, de dispositivos electrónicos, probablemente por ser muy reciente la necesidad de esto en la región. [15] De hecho la velocidad a la que ha evolucionado el software ha creado numerosos métodos de administración de proyectos y certificaciones en la generación con calidad de productos de software, dejando rezagada la administración de proyectos de desarrollo electrónicos, para los cuales no se han estandarizado metodologías.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general

Generar y documentar información útil para el desarrollo y la ejecución de proyectos tecnológicos de innovación (aplicados a la electrónica), donde se pasa de la idea, al prototipo y a su diseño para manufactura industrial con miras en su comercialización.

1.3.2. Objetivos específicos

- Documentación del proceso para administración de proyectos que involucren como producto final un dispositivo tecnológico.
- Documentación de los parámetros importantes a considerar durante el diseño de un prototipo para que sea factible su manufactura industrial.

1.4. Justificación.

Contar con un documento basado en la investigación y en la experiencia laboral, que muestre los procesos que se deben seguir y los requisitos que se tienen que cubrir para que un diseño electrónico pueda llegar a ser manufacturado industrialmente para su comercialización, facilitará la enseñanza de este proceso, por ende la formación de ingenieros con estas capacidades, lo cual les brindará ventajas competitivas frente a sus compañeros y promoverá que en la región se incremente la actividad empresarial enfocada a la generación de nuevos productos electrónicos, que salgan del prototipo y puedan ser comercializados con éxito.

La experiencia de haber diseñado un dispositivo electrónico a partir de requerimientos específicos con el objetivo de manufactura industrial y documentar dicho proceso, el cual va desde el levantamiento de los requerimientos, pasando por el prototipo funcional, hasta el diseño para manufactura, permite ofrecer un panorama del papel que ejecutan los profesionales con perfil en tecnologías de la información en la industria de la investigación y desarrollo. Dicha experiencia permite plantear un método práctico el cual puede ser utilizado en el desarrollo de proyectos tecnológicos, donde el objetivo sea el diseño de un sistema electrónico, o bien, donde se involucren diferentes disciplinas como Software y Hardware e interactúen los diferentes grupos de profesionales en el desarrollo del proyecto.

En base a este documento, el lector podrá visualizar una manera de cómo llevar a cabo un proyecto con miras comerciales o aplicar la metodología propuesta hasta el nivel de desarrollo deseado, obteniendo con esto la ventaja de no tener que re-trabajar en caso de que al final se decida continuar con el proceso hasta su comercialización. También podrá generar su propio modelo de desarrollo tomando como línea la metodología planteada en ésta tesis.

1.5. Estado del Arte.

Actualmente en áreas específicas como la fabricación de semiconductores y circuitos integrados se debate a cerca de la implementación del DFM (por sus siglas en inglés “Design For Manufacturability”) y se exponen los resultados obtenidos después de implementar dicho proceso en sus actividades de manufactura o fabricación, como se puede observar en [1] donde se menciona que la aplicación del DFM debe llevarse a cabo desde el diseño, etapa donde se deben anticipar detalles de fabricación, de manera que al llegar a la manufactura se logre un rendimiento en tiempo previniendo cambios y de este modo no afectar al rendimiento objetivo, de igual manera, se menciona que se estima que en un futuro no muy lejano se realice un cambio o actualización a los clásicos “roadmap” (hoja de ruta/ruta crítica/ruta de escalamiento) con un enfoque hacia el DFM para obtener una mejora en los planes de desarrollo en grandes empresas obteniendo como resultado un “performance roadmap” (roadmap “mejorado”), aún estando en la misma línea de opiniones de varios panelistas, se puede concluir que el DFM aún no logra una definición exacta en los procesos para

manufactura en cuanto a electrónica se refiere, diferentes personas, diferentes empresas, diferentes modos de pensar.

Un punto de vista interesante es el abordaje del tema ROI mezclado con el DFM (ROI por sus siglas en inglés “Return On Investment” a su traducción en español “Retorno sobre la Inversión”), donde se pretende denotar cual es el beneficio monetario sobre aplicar DFM en procesos industriales, tanto en [1] y [2] el tema es abordado mediante los costos que implican el integrar el DFM a sistemas establecidos para el desarrollo y manufactura de tecnología, así como también de los beneficios, la creación de nuevas herramientas, es decir, herramientas propias que le han permitido a cada empresa en el ramo a generar mejores métricas que llevan a un resultado o buen producto.

En [3], específicamente en la manufactura de unidades de procesamiento de video NVIDIA y apoyando el uso de DFM durante el proceso de diseño y fabricación, se creó una herramienta llamada RADAR (por sus siglas en inglés “Rule Assessment of Defect- Affected Regions”) como una manera de evaluación a cerca de la efectividad que resulta operar con el DFM durante sus procesos, se menciona que las DFM Rule (Reglas de DFM) deben cambiar tanto como sea posible, estas reglas ya establecidas no son estáticas, es decir, se deben adaptar según el proceso y comportamiento del proyecto, diseño, desarrollo o fabricación. Para entender el planteamiento de RADAR, no hay que perder de vista las reglas de DFM, partiendo en su aplicación donde las reglas mencionan que para llegar a B hay que pasar por A, saltarse A, implica un futuro fallo, de esta manera y bajo este principio, se analizan los circuitos defectuosos fabricados, durante el análisis se crea una base de datos de los errores para identificar más adelante el porqué de éstos, al mismo tiempo se generan tablas estadísticas que pudieran dar solución al fallo presentado al omitir los pasos que generaron dicho desperfecto. RADAR evalúa la eficacia de aplicar DFM en la evaluación de fallos para la fabricación de IC’s. Por otra parte, en la ejecución de grandes proyectos donde se involucra desarrollo hardware y software [4], se ha de seguir una integración de procesos muy bien definida, la cual obtenga como resultado la culminación en tiempo y forma del proyecto, si bien no se habla de la aplicación del DFM, se puede apreciar el interés por establecer los criterios y bases para la organización de personal de desarrollo, vías de comunicación

efectivas entre grupos de trabajo (mejores prácticas), la sugerencia de prototipado rápido para el acortamiento de tiempo antes de tener el prototipado funcional/final y evitar esperar tiempos largos en la fabricación de hardware para probar el sistema HW/SW. Mediante la introducción de las ideas mencionadas en [4], se pretende mejorar la transparencia y planificación del proyecto, en conclusión se menciona que la utilización de métodos complejos elaborados en la ejecución de proyectos donde interactúan HW y SW son necesarios, con el requisito de ser planificados con anticipación para obtener un flujo adecuado en tiempos y costo. [13] Consiste en la propuesta de UDM (por sus siglas en inglés “Universal Design Methodology” o por su traducción al español “Metodología de Diseño Universal”) en la cual se menciona un proceso a seguir para el diseño de hardware: Captura de Especificaciones, Revisión de las especificaciones, Selección de tecnología y herramientas, Diseño, Simulación, Revisión de Diseño, Implementación física, Verificación Formal y Revisión Final, esta serie de pasos es una recomendación a seguir para obtener el menor porcentaje de error en el proceso de diseño y manufactura de hardware; el autor hace referencia muy clara a que para cada hardware pueden variar los pasos propuestos. Cada hardware es diferente por lo tanto el modo de diseño lo será de igual manera.

Administración del Ciclo de Vida [14] es una herramienta de administración diseñada para proveer una exacta visión holística de algún proyecto o alguna entidad que pueda administrarse, LCM (Life Cycle Management por sus siglas en inglés) es un modelo de administración formalizado para la planeación, monitoreo y control de proyectos. LCM propone seis fases para administrar el proyecto: 1.- Misión, Análisis e Iniciación del Proyecto, 2.-Desarrollo de Concepto, 3.- Definición y Diseño, 4.- Desarrollo del Sistema, 5.- Desarrollo y Operación, 6.- Transición o Terminación, estas seis fases contienen treinta tareas detalladas.

Un método denominado Sistema Ágil de Ingeniería Hardware y Software para Innovación [15], nace en la Universidad Johns Hopkins a partir del diseño de un par de pequeños satélites comúnmente denominados “cube sats” o pico satélites (por su tamaño). Mediante este método se genera un reto de alta tecnología al romper los paradigmas de diseño tradicional para componentes espaciales, [15] se basa en la innovación dentro de los procesos de interacción del proyecto, debido a que plantea un organigrama plano donde cada departamento de

trabajo/diseño tiene acceso directo al gerente del proyecto y/o en su caso al patrocinador del mismo, se pretende con este arreglo tomar decisiones rápidas para eliminar el acarreo de problemas. Organiza las etapas del proyecto en tres objetivos principales: planeación, Diseño Hardware y Despliegue, cada una tiene tareas internas definidas, esta organización es diferente a la organización tradicional para éste tipo de proyectos. Recomienda el uso de grupos cohesivos el cual consiste en personal altamente capacitado para que la toma de decisiones sea acertada. Se maneja la filosofía de “construye un poco, prueba un poco, aprende mucho”. Haciendo referencia a la toma de requerimientos, el cual tradicionalmente es un proceso que toma mucho tiempo desarrollar, [15] propone ODR (por sus siglas en inglés Only Design Review y su traducción al español Revisión Única del Diseño) enfocado en una sola revisión, discutiendo verbalmente los requerimientos con herramientas de simulación para obtener una respuesta rápida a cualquier duda o situación parecida. Este modo de administración de proyecto basado en la innovación, orienta su flujo de administración hacia la innovación, rápida respuesta al cambio, riesgos, solución de problemas conforme van siendo encontrados, todo con el fin de minimizar costos y tiempos de entrega.

Por otra parte en [16] se le llama DFM(2) al Dynamic Flowgraph Methodology a la metodología enfocada específicamente para llevar a cabo un mejor flujo de diseño para aplicaciones embebidas, aplicando una serie de recomendaciones en el modelo de trabajo, en [17] se presenta un caso de estudio para diseño en FPGA, basado en un solo diseño, realizados por diferentes personas con distintas herramientas y evaluar el resultado final para obtener una mejor vía de desarrollo, con la misma intención en su metodología en [18] se implementan herramientas computacionales para detección pronta de anomalías en el diseño de circuitos integrados. Mediante el uso de micronecomputadoras como caso de prueba para estudiantes no graduados en [19] se muestran los resultados obtenidos de un mejor flujo de diseño mediante el uso de estas herramientas. [20] presenta un ejemplo de aprendizaje basado en pruebas realizadas para determinar las debilidades durante el diseño producción y obtener un DFM mejorado enfocado a la producción de circuitos integrados, así como también en [21] se pretende determinar nuevos métodos para el diseño de circuitos integrados mediante nuevas técnicas experimentales. En [22] se implementa la mejora de software para la detección de errores en líneas de producción de circuitos integrados digitales, el cual el

objetivo es mejorar el rendimiento de producción con menor número de fallas. Métodos para mejorar flujos de diseño en proyectos escolares y a la vez proveer de habilidades para la industria a los estudiantes es aplicado en [23] donde se implementa durante todo el proceso la formalidad de llevar a cabo un proceso o un proyecto, de igual modo en [24] se implementa una caso de estudio similar al mencionado orientado al diseño de prototipado FPGA. Por último en [25] se puede encontrar documentación muy detallada para mejorar el diseño para manufactura en diseño VLSI para circuitos integrados.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. **Diseño para Manufactura.**

2.1.1. **Conceptos de Diseño para Manufactura**

Diseño para Manufactura o mejor conocido como DFM (por sus siglas en inglés “Design For Manufacturability” o “Desing For Manufacturing”), también conocido como DFMA (“Design For Manufacturing and Assembly”), es conceptualizado actualmente en diferentes criterios o definiciones, sin embargo todas conservan el fin de su significado, por ejemplo:

“DFM es una metodología usada como parte del diseño y desarrollo integrado de productos y procesos, que a partir de reglas y principios, orientan al equipo de diseño a generar conceptos de piezas que sean fáciles de fabricar, tengan una manufactura económica manteniendo su calidad, y al mismo tiempo sean fáciles de ensamblar” [5].

“DFM se refiere al esfuerzo de asegurar que el diseño de ingeniería satisface los requisitos del cliente y cumple con las instalaciones de fabricación de una empresa, por ejemplo, máquinas, el conocimiento personal y los recursos disponibles” [6]

“DFM, la integración del diseño de producto y los procesos de planeación en una actividad en común, o bien, en una sola actividad. El objetivo es el diseño de un producto que sea fácil y económico de manufacturar o producir” [7]

“DFM es el proceso de diseño de productos de manera proactiva para optimizar todas las funciones de manufactura: fabricación, ensamble, pruebas, adquisición, envío, entrega, servicio, reparación y asegurar el mejor costo, calidad, fiabilidad, cumplimientos de regulaciones, seguridad, tiempo de lanzamiento al mercado y satisfacción del cliente” [8]

De todas las ideas expuestas con anterioridad se pueden sintetizar los siguientes puntos:

- DFM como proceso o metodología.

- DFM para obtener calidad, minimización de costo, facilidad de fabricación y ensamble de un nuevo producto.
- Satisfacción del Cliente.

El DFM se refiere al diseño de un producto, realizado de tal manera que el resultado final sea tal, que cumpla las características antes mencionadas y lo más importante, que durante el proceso de diseño se contemplen todas las características, para la reducción de costos y el aumento en la facilidad para fabricar y ensamblar, [9]. Un producto bien diseñado beneficia tanto a quien lo produce como a quién lo utiliza.

Un punto muy importante que se puede observar es la recomendación de analizar bien los requerimientos iniciales para ofrecer un buen producto final, mediante la colaboración de los grupos involucrados en el diseño, desde el inicio y durante todo el proyecto, de manera que se puedan minimizar los errores que puedan aparecer, sin embargo, [9] cabe mencionar que es importante tomar en cuenta consideraciones sobre la capacidad de manufactura y ensamble en el diseño. Aplicar DFM incluye 1) cambios en la organización y 2) principios y pautas de diseño.

2.1.2. Métodos de Diseño para Manufactura

Los métodos para manufactura que se encuentran estandarizados en la industria, son en realidad métodos para manufactura de *software*. Se ha incluido como parte del marco teórico el método RUP, en el cual se basará este trabajo, por no contar con método estandarizados para manufactura de productos electrónicos.

2.2. Proceso Unificado Racional (RUP)

RUP (por sus siglas en inglés Rational Unified Process) o Proceso Unificado Racional (por su traducción en español) es un proceso de ingeniería software que proporciona un enfoque disciplinado para la asignación de tareas y responsabilidades dentro de una organización de desarrollo (software). El objetivo de RUP es asegurar la producción de software de alta calidad el cual satisfaga las necesidades de los usuarios finales dentro de un tiempo predecible costo y tiempo de ejecución. [10]

RUP es desarrollado por Rational Software, actualmente propiedad de IBM, donde Rational constantemente trabaja en el desarrollo de RUP a través de las retroalimentaciones obtenidas con sus clientes donde se ejecutan proyectos con éste proceso.

RUP hace mención a su nombre, específicamente en la parte de “unificación”, debido a que en el proceso se considera a cada miembro del equipo para el fácil acceso a una base de conocimientos de cada área de desarrollo, esto crea un lenguaje general dentro de los colaboradores no importando la especialización de cada departamento.

Este proceso sirve de la misma forma, como una guía para utilizar UML (por sus siglas en inglés Unified Modeling Language) o Modelo de Lenguaje Unificado (por su traducción al Español). UML es un lenguaje estándar de la industria del software, el cual permite la comunicación clara en los procesos de requisitos, arquitecturas y diseños, sin olvidar pasar por desapercibido que UML también fue creado por Rational Software y que actualmente es mantenido por la organización de estandarización “Grupo de Gestión de Normas” (OMG por sus siglas en inglés Objects Management Group).

RUP es un proceso configurable, es decir, ningún proceso se adapta completamente a las necesidades de desarrollo en la industria software, de tal manera, que se basa en una arquitectura de proceso simple y transparente que permite uniformidad a través de una familia de procesos, sin embargo, durante la ejecución de estos procesos, se puede variar para adaptarse a diferentes situaciones.

RUP recomienda 6 mejores prácticas para el desarrollo:

- 1.- Desarrollo Iterativo de Software
- 2.- Administración de requerimientos.
- 3.- Uso de arquitecturas basadas en componentes.
- 4.- Modelar el software visualmente.
- 5.- Verificar la calidad del software
- 6.- Control de cambios (en software)

Los cuales define de la siguiente manera:

1.- Desarrollo Iterativo de Software:

Teniendo en cuenta hoy en día los sistemas de software son tan sofisticados, no es posible primero definir todo el problema de una forma secuencial, es decir, diseñar la solución completa, construir el software y luego probar el producto al final. Se requiere un enfoque iterativo que permita una mayor comprensión del problema a través de sucesivos refinamientos y crecer de forma incremental una solución eficaz a través de múltiples iteraciones. El Rational Unified Process apoya un enfoque iterativo para el desarrollo, el cual se ocupa durante todo el ciclo de vida el proyecto los temas de mayor riesgo en cada etapa de ejecución, lo que reduce significativamente el perfil de riesgo de un proyecto. Este enfoque iterativo ayuda a atacar el riesgo a través de la demostración frecuente de los avances, lo cual permite la participación del usuario final y a través de esto, una retroalimentación continua. Debido a que cada iteración termina con una versión ejecutable, el equipo de desarrollo se mantiene enfocado en la producción de resultados y comprobaciones de estado frecuentes que ayudan a asegurar que el proyecto se mantiene con el calendario previsto. Un enfoque iterativo también hace que sea más fácil para adaptarse tácticamente a los cambios solicitados en los requisitos, características o el tiempo definido para el proyecto.

2.- Administración de requerimientos:

Describe como obtener, organizar y documentar los requerimientos funcionales y restricciones, seguir de cerca las decisiones para compensaciones dentro de las ejecuciones, así como también la facilidad de capturar y comunicar los requerimientos del negocio. Las nociones de casos de uso y escenarios proscritos han probado ser una excelente vía para capturar los requerimientos funcionales para asegurarse de que éstos conducen al diseño, implementación y pruebas de software, por lo que es más probable que el sistema final cumpla con las necesidades del usuario final.

3.- Uso de arquitecturas basadas en componentes:

El proceso de enfoque en un desarrollo “temprano” y en una línea de desarrollo de una arquitectura robusta ejecutable, antes de comprometer recursos para un desarrollo a gran escala. En RUP se describe como diseñar una arquitectura resistente que es flexible, con capacidad de cambio, intuitivamente entendible y promueve la reutilización de software efectivo. RUP apoya el desarrollo de arquitecturas basadas en componentes. Los componentes son módulos no-triviales, subsistemas que cumplen una clara función; también se proveen aproximaciones sistemáticas para definir una arquitectura usando componentes nuevos y existentes; estos componentes se ensamblan en una arquitectura bien definida, o bien ad hoc, o en un componente de la infraestructura, tal como Internet, para lo cual se está convirtiendo en una industria de componentes reusables.

4.- Modelar el software visualmente.

El proceso te muestra el cómo modelar visualmente el software para capturar la estructura y comportamiento de las arquitecturas y componentes, también permite esconder los detalles y escribir código usando “bloques gráficos de construcción”; las abstracciones visuales ayudan a comunicar diferentes aspectos del software, muestran cómo los elementos del sistema siempre encajan, cerciorándose que estos bloques de construcción son consistentes con su código; mantiene consistencia entre un diseño y su implementación; promueve comunicación sin ambigüedades.

5.- Verificar la calidad del software:

El pobre rendimiento y la escasa fiabilidad son factores comunes que inhiben drásticamente la aceptabilidad de las aplicaciones de software de hoy en día. Por lo tanto, la calidad debe ser revisada con respecto a los requisitos basados en la fiabilidad, funcionalidad y rendimiento de las aplicaciones, así como también del rendimiento del sistema, RUP ayuda en la planificación, diseño, implementación, ejecución y evaluación. La evaluación de la calidad se construye en el proceso durante todas las actividades con envolviendo a todos los participantes, usando métricas y criterios objetivos, para no tratar a la verificación de la calidad como una actividad tardía y separada, realizada por un grupo separado.

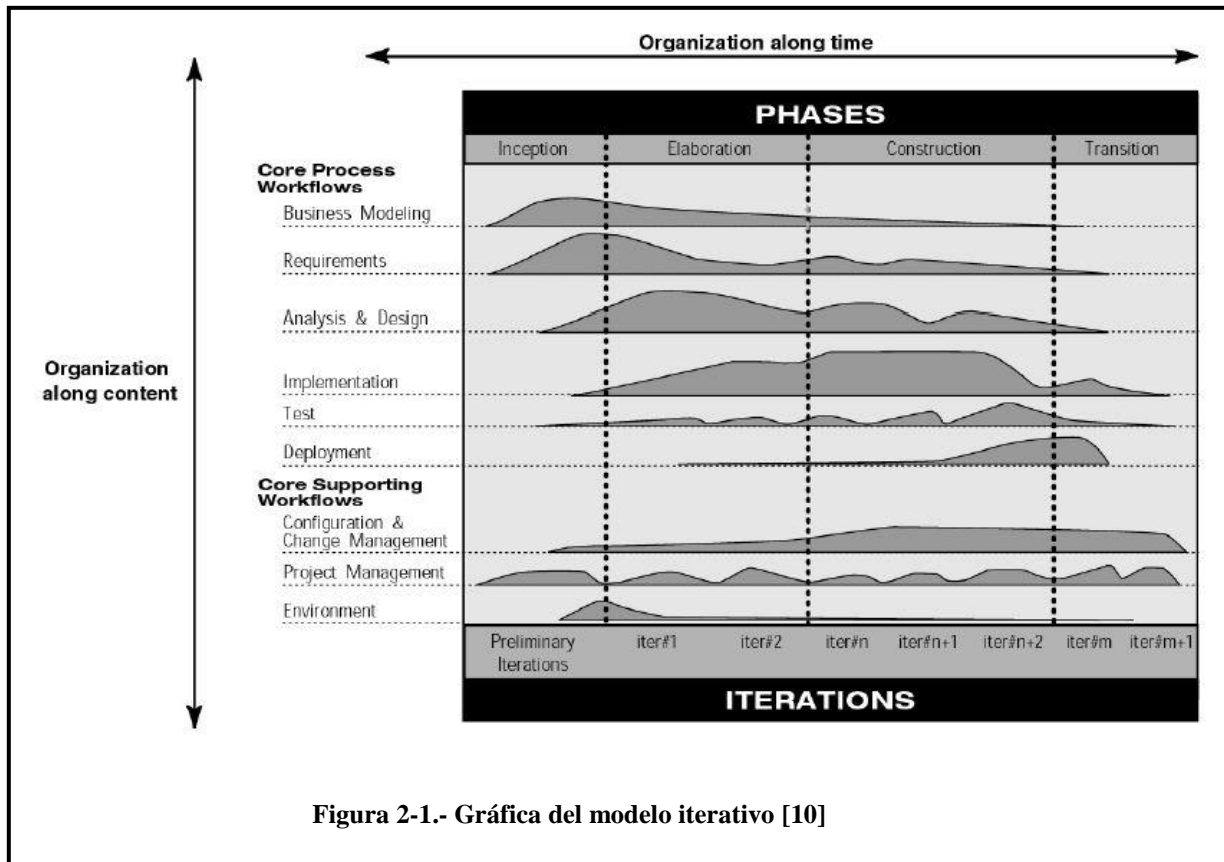
6.- Control de cambios (en software):

La capacidad para gestionar el cambio es asegurarse de que cada cambio es aceptable, ser capaz de realizar un seguimiento de los cambios es fundamental en un entorno en el que el cambio es inevitable. El proceso describe cómo controlar, seguir y manejar los cambios para permitir el desarrollo iterativo exitoso. RUP también guía en la forma de establecer espacios de trabajo seguros para cada desarrollador proporcionando el aislamiento de los cambios realizados en otras áreas de trabajo, mediante el control de los cambios de todos los artefactos de software (por ejemplo, modelos, código, documentos, etc.), lo anterior trae a un equipo que trabaja como una sola unidad con la misma descripción: de cómo automatizar la integración y la gestión de la construcción.

2.2.1. El proceso RUP

El proceso puede ser descrito en dos dimensiones o en dos 2 ejes. Figura 2-1

- El eje horizontal representa el tiempo y muestra como entra en vigor el aspecto dinámico del proceso y se expresa en términos de ciclos, fases, iteraciones e hitos.
- El eje vertical representa el aspecto estático del proceso: cómo esto es descrito en términos de actividades



2.2.2. Fases e iteraciones: el eje de tiempo

Esta es la organización dinámica del proceso a lo largo del tiempo.

El tiempo de vida del software es partido en ciclos, cada ciclo trabaja sobre una nueva generación del producto. RUP divide un ciclo de desarrollo en 4 fases consecutivas:

1. Fase de Inicio/Comienzo.
2. Fase de Elaboración.
3. Fase de Construcción.
4. Fase de transición.

Cada fase es concluida con un hito bien definido, un punto en el tiempo en el que deben hacerse ciertas decisiones críticas, por lo tanto, los objetivos clave deben haberse logrado.

[10]

2.2.3. Fases y sus propósitos

2.2.3.1. Fase de Inicio

Durante esta fase se delimita el modelo de negocio para el sistema y se delimita el alcance del proyecto. Para lograr lo anterior, se deberá identificar todas las entidades externas con la cual el sistema deberá interactuar (actores) así como también definir la naturaleza de ésta interacción a un alto nivel, esto implica identificar todos los casos de uso y la descripción de los más significativos. Se evalúan riesgos, se estiman los recursos necesarios y se plantea un calendario de las fases donde se muestran las fechas de los principales hitos o principales tareas. El resultado de la fase de inicio es:

Un documento de la Visión: una visión general del núcleo de los requerimientos del proyecto, características clave y limitaciones principales.

- Un modelo inicial de casos de uso. (10% - 20%)
- Un glosario inicial del proyecto.
- Una valoración inicial de los riesgos.
- Un plan de proyecto, donde se muestre las iteraciones y fases.
- Un modelo de Negocio, si es necesario.
- Uno o varios prototipos.

Objetivo de la Fase:

Al final de la fase de Inicio se obtiene el primer gran Hito del proyecto.

Los criterios de Evaluación para la fase de Inicio son:

- Concurrencia de las partes interesadas en la definición del alcance y estimación del costo y tiempo.
- Requerimientos entendibles, como evidencia o resultado de los casos de uso.
- Credibilidad del costo/tiempo, prioridades, riesgos y el proceso de desarrollo.
- Profundidad y amplitud de cualquier arquitectura correspondiente a prototipos desarrollados o planteados.
- Gastos reales VS gastos previstos.

El proyecto podría ser cancelado o considerar un replanteamiento al no cumplir los objetivos o hitos.

2.2.3.2. Fase de Elaboración

El propósito de la fase de elaboración es para analizar el dominio del problema, establecer una base de arquitectura para el desarrollo del plan de proyecto y eliminar los elementos más riesgosos del proyecto. Para lograr estos objetivos, se deben tener una vista del sistema del tamaño de “una milla de ancho y una pulgada de profundidad. Las decisiones de de sentido arquitectónico deben de ser hechas con un entendimiento de la totalidad del sistema: su alcance, su mayor funcionalidad y requerimientos no-funcionales así como también los requerimientos de mayor rendimiento.

Es fácil de argumentar que la fase de elaboración es la más crítica de las 4 fases. Al final de esta fase, el trabajo difícil de ingeniería es considerada como completa o terminada y el proyecto se somete a su día más importante de ajustes: la decisión de si debe comprometerse con las fases de construcción y de transición. Para la mayoría de los proyectos esto también corresponde a la transición de una operación de bajo riesgo, móvil, ligera y ágil, de alto riesgo con inercia considerable. Mientras el proceso siempre debe de acomodar los cambios, las actividades de la fase de elaboración aseguran que las arquitecturas, los requerimientos y planes son suficientemente estables y los riesgos son suficientemente mitigados, entonces se pueden determinar previsiblemente el costo y las agendas para completar el desarrollo. Conceptualmente, este nivel de fidelidad podría corresponder al nivel necesario para una organización el comprometerse con una fase de construcción a un precio fijo.

En esta fase, también, un prototipo de la arquitectura ejecutable es construido en una o más iteraciones, dependiendo del alcance, tamaño, riesgo y de la innovación o novedad del proyecto. Este esfuerzo debería abordar como mínimo los casos de uso críticos identificados en la fase inicial, donde se suelen exponer los principales riesgos técnicos del proyecto. Mientras un prototipo evolutivo de un componente de la calidad de producción es siempre el objetivo, esto no excluye el desarrollo de uno o más prototipos desechables exploratorios para

mitigar los riesgos específicos, tales como diseño/requerimientos, compensaciones, estudio de viabilidad, componente o demostraciones para los inversionistas, clientes y usuarios finales.

El resultado de la fase de elaboración es:

- Un modelo de caso de uso (al menos el 80% completado) – todos los casos de uso y actores deben haber sido identificados y la mayor parte de las descripciones de casos de uso deben haber sido desarrolladas.
- Los requerimientos suplementarios con capturas de los requerimientos no-funcionales y cualquier requerimiento que no son asociados con un caso de uso específico.
- Una descripción de la arquitectura del software.
- Un prototipo de arquitectura ejecutable
- Una lista revisada de los riesgos y “case model” o modelo de negocio.
- Un plan de desarrollo de todo el proyecto, incluyendo el plan en contenido “bruto”, donde se muestren las iteraciones y los criterios de evaluación para cada una.
- Un caso de uso desarrollado y actualizado donde se especifique el proceso
- Un manual de usuario en su versión preliminar. (esto es opcional)

Al final de esta fase, se concluye el segundo objetivo del proyecto. En este punto, se examinan los objetivos detallados del sistema y el alcance, la elección de la arquitectura, y la resolución de los principales riesgos.

Los criterios de evaluación de esta fase, se envuelven con la respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿La visión del producto es estable?
- ¿Es la arquitectura estable?
- ¿Se muestran los que los principales elementos de riesgo han sido abordados y por lo tanto son verídicamente resueltos?
- ¿El plan para la fase de construcción es suficientemente detallada y precisa? ¿ésta es respaldada por una creíble base de estimación?

- ¿Todas las partes interesadas están de acuerdo en que la visión actual se puede lograr si el plan actual se ejecuta para desarrollar el sistema completo, en el contexto de la arquitectura actual?
- Es aceptable el gasto de recursos reales en comparación con los gastos previstos?

El proyecto podría ser cancelado o considerar un replanteamiento al no cumplir los objetivos o hitos.

2.2.3.3. Fase de Construcción

Durante la fase de construcción, todos los componentes restantes y características de las aplicaciones son desarrollados e integrados en el producto y todas las características son probadas rigurosamente. La fase de construcción, es un sentido, un proceso de manufactura donde el énfasis es colocado en la administración de recursos y control de operaciones para optimizar el costo, tiempos y calidad. En este sentido, la mentalidad de la administración sufre una transición proveniente del desarrollo de propiedad intelectual durante la fase de inicio y elaboración, para el desarrollo de productos desplegados durante la fase de construcción y transición.

Muchos proyectos son muy largos que la construcción en paralelo puede ser generada. Estas actividades en paralelo significan acelerar la disponibilidad de publicaciones desplegadas. El desarrollo en paralelo puede también incrementar la complejidad de la administración de recursos y la sincronización del flujo de trabajo. Una arquitectura robusta y un plan entendible son altamente correlativos. En otras palabras, uno de las cualidades críticas de la arquitectura es su facilidad para su construcción. Esta es una de las razones por qué se hizo hincapié en el desarrollo equilibrado de la arquitectura y el plan durante la fase de elaboración. El resultado de la fase de construcción es un producto listo para poner en manos de sus usuarios finales, como mínimo, consta de:

- El software como producto integrado en las plataformas adecuadas.
- Los manuales de usuario.
- Una descripción de versión o publicación actual.

Al final de esta fase, en este punto, se puede decidir si el software, los sitios y los usuarios están listos para operar, sin exponer al proyecto a altos riesgos. Estas publicaciones son llamadas versiones beta.

El criterio de evaluación para esta fase envuelve las respuestas a las siguientes preguntas[10]

- ¿Es esta versión del producto, estable y madura lo suficiente para ser desplegada en la comunidad de usuarios?
- ¿Estás listas todas las partes interesadas para la transición dentro de la comunidad de usuarios?
- ¿Son aceptables los gastos de recursos efectivos en relación con los gastos previstos?

Esta fase se puede posponer al no alcanzarse los objetivos planteados.

2.2.3.4. Fase de transición

El propósito de esta fase es para la transición del software hacia la comunidad de usuarios. Una vez que el producto ha sido entregado a los usuarios finales, usualmente se requiere el desarrollo de nuevas versiones, corregir algunos problemas o finalizar los componentes que han sido pospuestos.

La fase de transición se introduce cuando una línea de base es lo suficientemente maduro para ser desplegado en el dominio del usuario final. Esto típicamente requiere algún subconjunto útil del sistema haya sido completado a un nivel aceptable de calidad y que la documentación de usuario está disponible, de modo que la transición del usuario proporcionará resultados positivos para todas las partes.

Esto incluye:

- “testeo beta” para validar las nuevas expectativas de los usuarios hacia el sistema.
- Operación paralela para reemplazo del sistema.
- Conversión de bases de datos operacionales.

- Entrenamiento de usuarios y personal de mantenimiento,
- Los roles de salida del producto para publicidad, distribución y términos de venta.

La fase de transición se enfoca en las actividades requeridas para colocar el software en las manos de los usuarios. Típicamente esta fase incluye iteraciones severas, incluyendo versiones o lanzamientos beta, generalmente disponibles, así como la corrección de “bugs” y el soporte a usuarios en la parte inicial del uso del producto y reaccionando a la retroalimentación del usuario. En este punto del ciclo de vida del proyecto, como sea, la retroalimentación del usuario debe limitarse principalmente a la puesta a punto de producto, configuración, instalación y problemas de usabilidad.

Los objetivos primarios de la transición incluyen:

- Lograr el auto-soporte del usuario.
- Lograr la concurrencia de las partes interesadas de que las líneas de base de implantación es completa y coherente con los criterios de evaluación de la visión
- Lograr un producto final lo más pronto posible así como rentable en costo.

Esta fase puede variar desde lo más simple hasta lo extremadamente complejo, dependiendo de del tipo de producto. Por ejemplo, una nueva versión de un producto de escritorio existente puede ser muy simple, mientras que la sustitución del sistema de control de tráfico aéreo de una nación sería muy complejo.

Los criterios para una evaluación primaria para esta fase envuelven las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿El usuario está satisfecho?
- ¿Son aceptables los gastos de recursos efectivos en relación con los gastos previstos?

2.2.3.5. Iteraciones

Cada fase en RUP puede ser dividida en iteraciones. Una iteración es un bucle de un desarrollo completo resultante en un lanzamiento/liberación/publicación (interno o externo) de una versión ejecutable del producto, un subconjunto del producto final en desarrollo, que crece paulatinamente de una iteración a otra para convertirse en el sistema final [11].

2.2.3.6. Beneficios de una aproximación iterativa.

Comparado con el tradicional proceso de cascada, el proceso iterativo tiene las siguientes ventajas:

- Los riesgos son mitigados en etapas tempranas.
- Los cambios son más manejables.
- Alto nivel de re-uso.
- El equipo de proyecto puede aprender a lo largo del camino.
- Mejor calidad en general.

2.2.3.7. Estructura estática del proceso.

Un proceso describe quien está haciendo, cómo y cuándo. RUP es representado usando 4 elementos de modelado primarios.

- Personal de trabajo, el quién.
- Actividades, el cómo.
- Artefactos, el qué.
- Flujo de trabajo, el cuándo.

2.3. Aceptabilidad de Ensamblados Electrónicos (IPC)

Existe actualmente bibliografía que hace disponible IPC, en dicha documentación se plantean una serie de recomendaciones o normas que hacen del diseño electrónico una estandarización, la mayoría de las empresas que diseñan y manufacturan tarjetas, adoptan IPC como una base de diseño.

Como bien se menciona en la página web de IPC, IPC es una asociación comercial mundial dedicada a la excelencia competitiva y al éxito financiero de sus empresas miembro, dando servicio a la industria electrónica, específicamente a diseñadores de tableros, fabricantes de tableros impresos y empresas de fabricación electrónica. [12]

IPC ofrece asistencia a más de 200 comités que desarrollan estándares para la industria. IPC está acreditado por la ANSI (Industria de Estándares Nacional Americana, por sus siglas en inglés) como una organización de desarrollo de estándares. Los estándares de IPC se desarrollan por voluntarios de la industria coordinados por un presidente de una empresa miembro de IPC y una oficina de enlace. Como miembro de la industria, puede participar en el desarrollo de los estándares que utiliza a diario. Puede ser tan sencillo como comentar un estándar que se está revisando o desarrollando mediante correo electrónico.

IPC es bien conocido en todo el mundo por una serie de programas desarrollados y aprobados por la industria que utilizan el enfoque de dos niveles "entrenar al instructor" para garantizar el entendimiento de criterios en los documentos más utilizados de la industria. Esta capacitación lleva a una certificación trazable de la industria para instructores, equipo de calidad, gestión y operadores de IPC-A-610, J-STD-001, IPC-A-600, IPC-A-620 y Revisiones y Reparaciones. Cada programa incluye instrucciones para clase y un examen de certificación. Los programas están disponibles en 44 centros de certificación de 22 países. También hay capacitación en clases formales y programas de certificación para Gerentes de programas EMS y Diseñadores de IPC certificados. Cada programa es proporcionado por IPC, en el cual se divide según el tipo de información manejada, a continuación una lista de los programas que manejan por este organismo. [12]

- Trabajo de ensamblaje de electrónicos (IPC-A-610). Aceptabilidad de ensamblaje de electrónicos basada en el estándar de IPC ampliamente utilizado IPC-A-610.
- Requisitos de ensamblaje (J-STD-001). Educación completa sobre los requisitos para construir ensamblajes de electrónicos.
- Trabajo y requisitos de tableros impresos (IPC-A-600). Calidad y aceptabilidad de tableros impresos simples.

- Trabajo y requisitos de revisión y reparación (IPC-7711/21). Procesos y aceptabilidad de revisión, modificación y reparación de tableros y ensamblajes.
- Trabajo y requisitos de arnés y ensamblaje de cables (IPC/WHMA-A-620). Aceptabilidad de arnés y ensamblaje de cables.
- Certificación de diseñador (CID, CID+). Mejores prácticas para el diseño de tableros y componentes basadas en los estándares de IPC.
- EMS de gerencia de programas. Desarrolla las diferentes capacidades (gestión de cuentas de clientes, prácticas financieras, procesos de ensamblaje) necesarias para tener una Cualificación de gestor de programas EMS.

IPC también ofrece talleres locales, conferencias; y IPC APEX EXPO ferias y conferencias; y capacitación multimedia.

2.3.1. Trabajo de ensamblaje de electrónicos (IPC-A-610).

Este estándar es una compilación de criterios y requerimientos de aceptabilidad de calidad visual para ensambles electrónicos. Al fin y al cabo se concentra en un documento, el cual presenta los requerimientos de aceptación para la manufactura de ensambles eléctricos y electrónicos. Históricamente los estándares para ensamble electrónico contenían preceptos más amplios, que cubrían los principios y técnicas. Para un más completo entendimiento de este documento, se puede usar en conjunto con IPC-HDBK-001, IPC-AJ-820 e IPC J-STD-001.

Los criterios en este estándar no tienen la intención de definir procesos para efectuar las operaciones de ensamble ni para autorizar reparaciones, modificaciones o cambios en el producto del cliente. Por ejemplo, la presencia de criterios para unión de componentes con adhesivo no implica/in autoriza/ni requiere, el uso de un adhesivo específico y el mostrar un cable enrollado en el sentido del reloj no implica/ni autoriza/ni requiere, que todos los alambres o cables sean enrollados en la dirección de las manecillas del reloj.

Los usuarios de este estándar deben tener conocimiento de los requerimientos aplicables en los documentos y cómo aplicarlos.

La evidencia objetiva de la demostración de este conocimiento debe ser mantenida continuamente. Cuando no haya evidencia objetiva, la organización deberá considerar una revisión periódica de las habilidades del personal, para determinar en forma adecuada los criterios de aceptación visual. El IPC-A-610 contiene criterios fuera del alcance del IPC-J-STD-001, que define el manejo, las mecánicas y otros requerimientos de mano de obra. La Tabla 2-1 es un resumen de los documentos relacionados.

Propósito del Documento	Especificación #	Definición
Estándar de Diseño	IPC-2220 (series) IPC-7351 IPC-CM-C770	Los requerimientos del diseño reflejan tres niveles de complejidad (Niveles A,B y C) indicando geométricas más finas, mayores densidades, o más pasos en el proceso para elaborar el producto. Son los lineamientos del Proceso de Ensamble de Componentes para asistir en el diseño de la tarjeta de circuito impreso (PCB, y en el ensamble donde los procesos se concentran en los principios de patrones de pistas para SMT y through-hole, que usualmente son incorporadas en el proceso de diseño y documentación.
Documentación del Producto Final	IPC-D-325	Es la documentación que describe las especificaciones de la tarjeta diseñada por el cliente, o requisitos de ensamble del producto final. Los detalles pueden o no hacer referencia a especificaciones de la industria, o a estándares de fabricación, así como a las preferencias propias del cliente o a requerimientos de estándares internos.
Estándares del Producto Final	J-STD-001	Cubren los requerimientos para la soldadura de ensamblajes eléctricos y electrónicos, describiendo las características mínimas aceptables para el producto final, así como métodos de evaluación (métodos de prueba), la frecuencia de las pruebas, y la habilidad aplicable para los requerimientos de control del proceso.
Estándar de Aceptabilidad	IPC-A-610	Es el documento de interpretación ilustrativa, indicando varias características de la tarjeta de circuito impreso y/o ensamblajes, relacionadas con las condiciones mínimas deseables, señaladas por el estándar de funcionamiento del producto final, y refleja las diferentes condiciones que están fuera de control (indicador de proceso o defecto), para asistir a la evaluación del proceso, a fin de determinar las acciones correctivas.
Programas de Entrenamiento (opcional)		Requerimientos documentados de Entrenamiento en el proceso, para enseñar y aprender los Procedimientos del proceso y las técnicas para implementar los requisitos de aceptación para el estándar de cada producto final, estándares de aceptabilidad, o de requerimientos detallados en la documentación del cliente.
Re-trabajo y Reparación	IPC-7711/7721	Documentación que termina los procedimientos para remover y reemplazar recubrimientos de conformal y componentes, reparación de la máscara de soldadura, así como para efectuar la modificación o reparación de laminado de la tarjeta, conductores y orificios con soporte (through hole)

Tabla 2-1.- Sumario de Documentos IPC

2.3.2. Propósito

Los estándares visuales de este documento reflejan los requerimientos existentes de IPC y otras especificaciones aplicables. Con el fin de que el usuario pueda aplicar usar el contenido de este documento, el ensamble o producto deberá cumplir con otros requerimientos

existentes en IPC. Si el ensamble no cumple con estos y otros requerimientos equivalentes, el criterio de aceptación debe ser definido entre el cliente y el fabricante.

2.3.3. Clasificación

Las decisiones de aceptar y/o rechazar deben estar basadas en la documentación aplicable, tales como contratos, dibujos, especificaciones, estándares y otros documentos de referencia. El criterio definido en este documento refleja tres clases de productos, que son como sigue:

2.3.3.1. Clase 1 –Productos Electrónicos en General

Incluye productos apropiados para aplicaciones donde el principal requerimiento es la funcionalidad el ensamble completo.

2.3.3.2. Clase 2 – Productos Electrónicos de Servicio Especializado.

Incluye productos donde se requiere de un funcionamiento continuo y un donde un servicio sin interrupciones es deseable, pero no crítico. Típicamente, el ambiente de uso no causará fallas.

2.3.3.3. Clase 3 –Productos Electrónicos de Alto Rendimiento y Confiabilidad

Incluye productos con un rendimiento y confiabilidad continuos, donde la demanda es crítica y las interrupciones no pueden ser toleradas. El uso final es comúnmente muy severo y el equipo debe funcionar cuando se le requiere, tal como soporte de vida u otros sistemas críticos.

El cliente (usuario) tiene la responsabilidad completa para identificar la clase a la cual el ensamble será evaluado. Si el usuario y fabricante no establecen y documentan la clase del producto, el fabricante lo deberá hacer.

2.4. Normas Mexicanas

2.4.1. Normas Oficiales Mexicanas

Normas Oficiales Mexicanas, o mejor conocidas como las NOM, forman parte de la normatividad de México, establecida dentro de sus leyes, las cuales son regulaciones de carácter técnico en pro de la seguridad de los mexicanos. El objetivo de ésta es regular aspectos que tengan que ver con las características de bienes de consumo dentro del país. Para aspectos con productos y/o servicios relacionados a las tecnologías de la información, en este caso la electrónica. A continuación se presenta el texto literal de la normatividad de competencia en la producción y/o venta de dispositivos electrónicos.

Tomado de la “Ley de Metrología y Normalización” y de acuerdo al Diario de la Federación en su última reforma realizada el 14 de Julio del 2014, en el Artículo III Fracción XI:

“Norma oficial mexicana: la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación;”

Por lo tanto al estar promulgadas dentro del margen de legislación del gobierno mexicano, estas normas son obligatorias. A continuación se presentan normas oficiales mexicanas de seguridad para el sector electrónico:

- NOM-001-SCFI - Aparatos electrónicos - Aparatos electrónicos de uso doméstico alimentados por diferentes fuentes de energía eléctrica - Requisitos de seguridad y métodos de prueba para la aprobación de tipo.
- NOM-016-SCFI - Aparatos electrónicos - Aparatos electrónicos de uso en oficina alimentados por diferentes fuentes de energía eléctrica - Requisitos de seguridad y métodos de prueba.

- NOM-019-SCFI - Seguridad de equipo de procesamiento de datos.

2.4.2. Normas Mexicanas

En el ámbito de la electrónica también se encuentran las normas mexicanas o NMX, localizadas en la “Ley de Metrología y Normalización” y de acuerdo al Diario de la Federación en su última reforma realizada el 14 de Julio del 2014, en el Artículo III Fracción X:

“Norma mexicana: la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado;”

De acuerdo a las NMX, no son de carácter obligatorio, siempre y cuando no se encuentren citadas dentro de una NOM. La Ley de Metrología y Normalización mencionan que éstas normas son realizadas por organismos nacionales de normalización (en su mayoría), de tal modo que se podrán encontrar organismos mencionados como NYCE, Organismo Nacional de Normalización y Certificación en materia de Tecnologías de Información, Electrónica y Telecomunicaciones la cual se encarga de normalizar y evaluar la conformidad de productos, procesos y servicios con base en estándares y normas nacionales e internacionales, tanto de los sectores mencionados como de muchos otros, ofreciendo a sus usuarios servicios que avalan seguridad, confianza y certeza.

A continuación como ejemplo, se mencionan normas NMX relacionadas con NYCE.

- NMX-I-011-NYCE-2003 - Electrónica – Aparatos electrónicos – Máquinas copadoras y/o duplicadoras de la reproducción de documentos.
- NMX-I-046-NYCE-2001 - Productos electrónicos – Máquinas calculadoras electrónicas de escritorio y/o portátiles.

- NMX-I-062-NYCE-2002 - Aparatos electrónicos – Audio/video e instrumentos musicales para uso doméstico, comercial y aparatos similares – Requisitos de seguridad.
- NMX-I-063-NYCE-2002 - Aparatos electrónicos – Cargadores de baterías.
- NMX-I-163-NYCE-2003 - Productos electrónicos – Sistemas electrónicos de energía ininterrumpida.

2.5. Generalización del concepto “Pruebas” en la industria electrónica

2.5.1. Pruebas en el Circuito (ICT)

Pruebas en el Circuito o In-Circuit Test (ICT, por sus siglas en inglés), es una herramienta poderosa para probar, tarjetas de circuitos impresos (PCB por sus siglas en inglés). Utilizando una cama de clavos, el equipo de prueba In-Circuit hace posible tener acceso a los nodos del circuito en una tarjeta y medir el desempeño, independientemente de los otros componentes conectados a la tarjeta. Parámetros como resistencia, capacitancia, entre otros muchos se miden junto con la operación de componentes analógicos tal como amplificadores operacionales. También se pueden medir algunas funcionalidades de componentes digitales, a pesar de la complejidad de estos, normalmente, también realizan una comprobación completa no muy económica. De esta forma, utilizando ICT es posible llevar a cabo una prueba de circuitos impresos de manera comprehensiva, asegurando que el circuito ha sido construido de manera correcta y tiene una muy alta posibilidad de desempeñarse según sus especificaciones. [27]

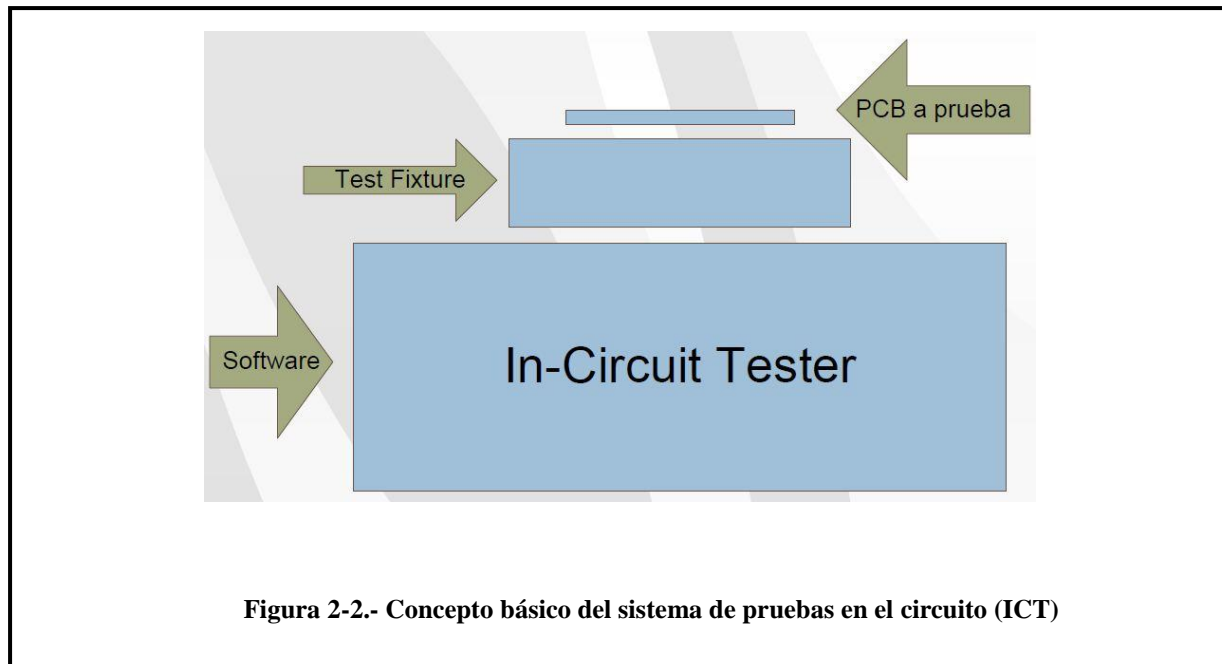
Un equipo de prueba In-Circuit proporciona una manera útil y eficiente de probar las PCB realizando mediciones de cada componente a la vez para revisar que se encuentran en el lugar y con el valor correcto. La mayoría de los fallos en las tarjetas surgen durante el proceso de manufactura y normalmente consisten en cortocircuitos, circuitos abiertos o componentes erróneos, esta forma de probar obtiene la mayoría de los problemas en la tarjeta. Estos pueden ser fácilmente revisados utilizando mediciones de resistencias, capacitancias y algunas veces inductancia entre dos puntos de la tarjeta del circuito.

Aún cuando los circuitos integrados (IC por sus siglas en inglés) fallan, una de las razones por las que fallan mayormente es por daño estático, y esto normalmente se manifiesta en el mismo en las áreas del IC cercanas a conexiones al mundo exterior, estas fallas pueden ser detectadas de manera relativamente fácil utilizando técnicas de prueba In-Circuit. Algunos probadores In-Circuit son capaces de probar contadas funcionalidades de circuitos integrados, y de esta manera dar un alto grado de confianza en la construcción y modo de operación probable de la tarjeta. Naturalmente una prueba In-Circuit no da una prueba de la funcionalidad de la tarjeta, pero si ha sido diseñada de manera apropiada y luego ensamblada correctamente, seguramente funcionará.

Los equipos de prueba In-Circuit consisten de:

- Tester.
 - El sistema de pruebas In-Circuit consiste de una matriz de controladores y sensores los cuales son utilizados para establecer y mejorar las mediciones. Puede haber 100 o más de estos puntos de sensores del controlador (Driver Sensor Points). Estos son normalmente llevados en un conector grande situado en el sistema.
- Fixture.
 - La segunda parte del probador, el fixture, la cual se diseña específicamente para cada tarjeta electrónica, consiste en la interfaz que conecta a la cama de clavos con el software.
- Software
 - El software está escrito para cada tipo de tarjeta que pueda ser sometida a pruebas. Éste da instrucciones al sistema de pruebas acerca de las pruebas que se van a desarrollar, entre los puntos y criterios de aceptación o rechazo.

Estos tres elementos son las tres partes principales de cualquier sistema de pruebas In-Circuit, en donde el probador será utilizado para una gran variedad de tarjetas mientras que el accesorio y el software serán para una tarjeta o ensamble específico.



Los sistemas de pruebas In-Circuit normalmente son elementos relativamente costosos. Estos se demandan típicamente en líneas de producción de alto volumen. Los costes del “Test Fixture” y la programación son significativos, tanto que no son viables para pequeñas corridas de entre las 250 y 1000 piezas. Un análisis de costos se debe realizar para asegurar que el costo de generar estos componentes sea viable.

Un punto a tocar como tecnologías de prueba son las ventajas y desventajas. Las ventajas de las pruebas In-Circuit se listan a continuación.

Ventajas:

- Detección de defectos de una manera muy sencilla: Esto es que la mayoría de las fallas en las tarjetas se generan a raíz de problemas en la manufactura-componentes insertados incorrectamente, componentes de diferentes valores insertados, diodos, transistores o ICs insertados en una orientación errónea, cortocircuitos y circuitos abiertos. Estos son rápida y fácilmente localizables utilizando ICT como el probador del In-Circuit: Realiza revisiones de componentes, continuidad, entre otros.

- La generación de programas es fácil. Un probador In-Circuit es muy fácil de programar- los archivos pueden ser tomados de la distribución (layout) del PCB para realizar el programa requerido.
- Los resultados de las pruebas son fáciles de interpretar: El sistema señalará un nodo en particular cuando se tenga un cortocircuito, circuito abierto o un componente particular que esté fallando, de manera que localizar el problema en la tarjeta es normalmente fácil y no se requiere de la aplicación de personal de pruebas con habilidades muy específicas.

Desventajas:

- Costo. El costo de realizar éste tipo de pruebas es alto, debido a que requiere de un diseño mecánico, así como una estructuración de cables y clavos para realizar la interfaz de conexiones. Como se mencionó, éste diseño mecánico resulta ser específico para cada diseño de tarjeta electrónica.
- Difícil de actualizar. Esto quiere decir, como ya se mencionó, para cada diseño específico de una tarjeta electrónica, se requiere de un diseño ad hoc para realizar éste tipo de pruebas. Si la tarjeta electrónica sufre alguna modificación, los cambios para modificar la cama de clavos y todas sus conexiones resulta muy costoso.
- Tamaños aumentan dificultad. Mientras más pequeño sea el diseño de la tarjeta electrónica y los componentes implementados contengan una densidad muy poblada, es más difícil el diseño de estas pruebas, por ende es más costoso según el nivel de diseño y tecnología implementado.

2.5.1.1. Máquinas estándar ICT

Los probadores a los que se hace referencia a continuación, generalmente son las máquinas más capaces, que pueden ofrecer no sólo medición de resistencia y continuidad, sino que también son capaces de medir capacitancia y la funcionalidad de algunos dispositivos.

Sonda de pruebas al vuelo (Flying Probe Tester)

En vista de los errores de desarrollo y manufactura de los accesos de la cama de clavos, estos son costosos y difíciles de cambiar si las posiciones de algún componente o pista se mueven-

otra aproximación es utilizar una prueba al vuelo o itinerante (flying or roving probe); éste cuenta con un accesorio simple para sostener la tarjeta y el contacto está hecho por medio de unas cuantas puntas de prueba las cuales pueden moverse por toda la tarjeta y hacer el contacto requerido. Estos movimientos se realizan mediante un software de control así que cualquier actualización de la tarjeta puede ser reacomodada con cambios en el programa del software.

Analizador de Defectos de manufactura.

(MDA, por sus siglas en inglés) Esta forma de pruebas ofrece una prueba básica In-Circuit de resistencias, continuidad y aislamiento. Así como el nombre lo implica, es únicamente utilizado para la detección de errores de manufactura como cortocircuitos sobre las pistas y circuitos abiertos en conexiones.

Probador de cables (Cableform Tester).

Este equipo de pruebas es utilizado para probar los cables. Utiliza las mismas funciones como en el MDA, aunque también algunas pruebas de alto voltaje pueden necesitar ser aplicadas ocasionalmente para probar el aislamiento. Estas operaciones están optimizadas para verificar la integridad de cables diseñados Ad-Hoc para alguna aplicación.

2.5.2. Prueba Funcional

Las pruebas funcionales (mejor conocidas como Functional Test) es un proceso de aseguramiento de la calidad así como también un tipo de pruebas de caja negra el cual basa sus casos de prueba en las especificaciones del componente de software a prueba. Las funciones son probadas por medio del suministro de una entrada y el análisis de la salida. Las pruebas funcionales usualmente describen qué es lo que el sistema realiza.

Las pruebas funcionales normalmente involucran cinco pasos:

1. Identificación de funciones que el software espera ejecutar.
2. La creación de datos de entrada basados en las especificaciones de las funciones.
3. La determinación de salidas basadas en las especificaciones de las funciones
4. La determinación de casos de prueba

5. La comparación de las salidas actuales y las esperadas

En manufactura, se conocen como Pruebas Funcionales de Circuitos (FCT) y se refiere a las pruebas funcionales, las cuales son típicamente desarrolladas en la última fase de una línea de producción de un producto, como un control de calidad final. Las FCT se implementan para asegurar que el dispositivo a prueba cumple con todas sus especificaciones funcionales.

FCT consiste en emular o simular el entorno de operaciones del producto con el fin de revisar la funcionalidad. El entorno incluye, por ejemplo, cualquier comunicación con el dispositivo a prueba, la fuente de alimentación de éste, las cargas necesarias para hacer que el dispositivo a prueba trabaje apropiadamente.

En contraste con la prueba In-Circuit el FCT no utiliza puntos de prueba en el PCB, solo los conectores específicos del cliente para la prueba funcional.

Software de prueba es aquel que permite a los operadores de la línea de producción desarrollar las pruebas funcionales de manera automática a través de la computadora. Para hacer esto, el software se comunica con instrumentos externos programables como multímetros digitales, tarjetas de entrada y salida, puertos de comunicación, etc. El software en conjunto con el accesorio de pruebas que interactúa con el instrumento y el dispositivo a prueba, hace posible realizar el FCT.

3. DESARROLLO

3.1. **Introducción**

Para el desarrollo del Método de administración de proyectos de innovación con fines comerciales se procederá a la adopción de un método para administración de proyectos existente, el cual será modificado de acuerdo a los pasos necesarios para el diseño de dispositivos electrónicos con fines comerciales.

Existen metodologías para llevar a cabo la administración de proyectos como CMMI (Capability Maturity Model Integration por sus siglas en inglés o bien por su traducción al español Modelo de Integración de la Capacidad de Madurez). CMMI es un modelo de mejora de los procesos para el desarrollo y mantenimiento de productos y servicios enfocado a software [15]. Consiste en las mejores prácticas que tratan las actividades de desarrollo y de mantenimiento que cubren el ciclo de vida del producto, desde la concepción a la entrega y el mantenimiento. CMMI es un proceso a seguir que tiene como fin ahorrar tiempo y costos al desarrollar un proyecto, de este modo las organizaciones son capaces de generar en menos tiempo un buen producto, de tal manera que también durante el proceso de desarrollo se generen las bases para el mantenimiento del mismo [27]. CMMI es un modelo desarrollado por la universidad Carnegie Mellon, por el gobierno de E.E U.U, expertos de la industria y SEI (por sus siglas en inglés Software Engineering Institute o su traducción al español Instituto de Ingeniería de Software) cuyo enfoque de desarrollo se apega en su totalidad a la ingeniería Software [28].

CMMI puede ser utilizado para desarrollo de proyectos de contenido Hardware, es un modelo de administración minucioso que conlleva a la adopción de numerosas buenas prácticas para lograr una certificación y obtener un grado de madurez, sin embargo este proceso puede volverse altamente burocrático y entorpecer la dinámica de desarrollo. Como referencia en [1], [2] y [3] se pueden encontrar otros métodos para desarrollo de proyectos donde se involucra hardware, son prácticas implementadas por investigadores que bajo experiencia en el ámbito industrial han ido depurando procesos de diseño y fabricación hasta obtener modelos propios que dan como resultado procesos con margen de error mínimos. La iteración en los procesos, es decir, la repetición del proceso hacia fases anteriores para corregir

problemas o detalles otorgan la experiencia para no cometer los mismos errores en futuros proyectos. En el desarrollo de esta tesis se han utilizado las propuestas de [1], [2] y [3], sumado a la experiencia propia como base para el modelo que se propone.

Información importante se puede obtener de [4] al obtener como referencia el desarrollo en temas de diseño Hardware/Software. Recomendaciones de cómo desarrollar al mismo tiempo HW/SW en cuanto a proyectos de larga duración para optimizar tiempos, o bien:

- Buena organización interna de jerarquías.
 - Buena integración para trabajo interno
- Administración segura de archivos.
 - Archivos en constante cambio de entornos de programación software y diseño hardware deben ser bien administrados para no cometer errores en análisis y diseños. Estar seguros de trabajar con la última versión.
- Sincronización entre diferentes tareas
 - Relativo también a las diferentes áreas de desarrollo (HW/SW)
- Prototipado Rápido
 - Para dar idea y aterrizar el concepto del producto final.

3.2. Definición de estrategias importantes en el desarrollo

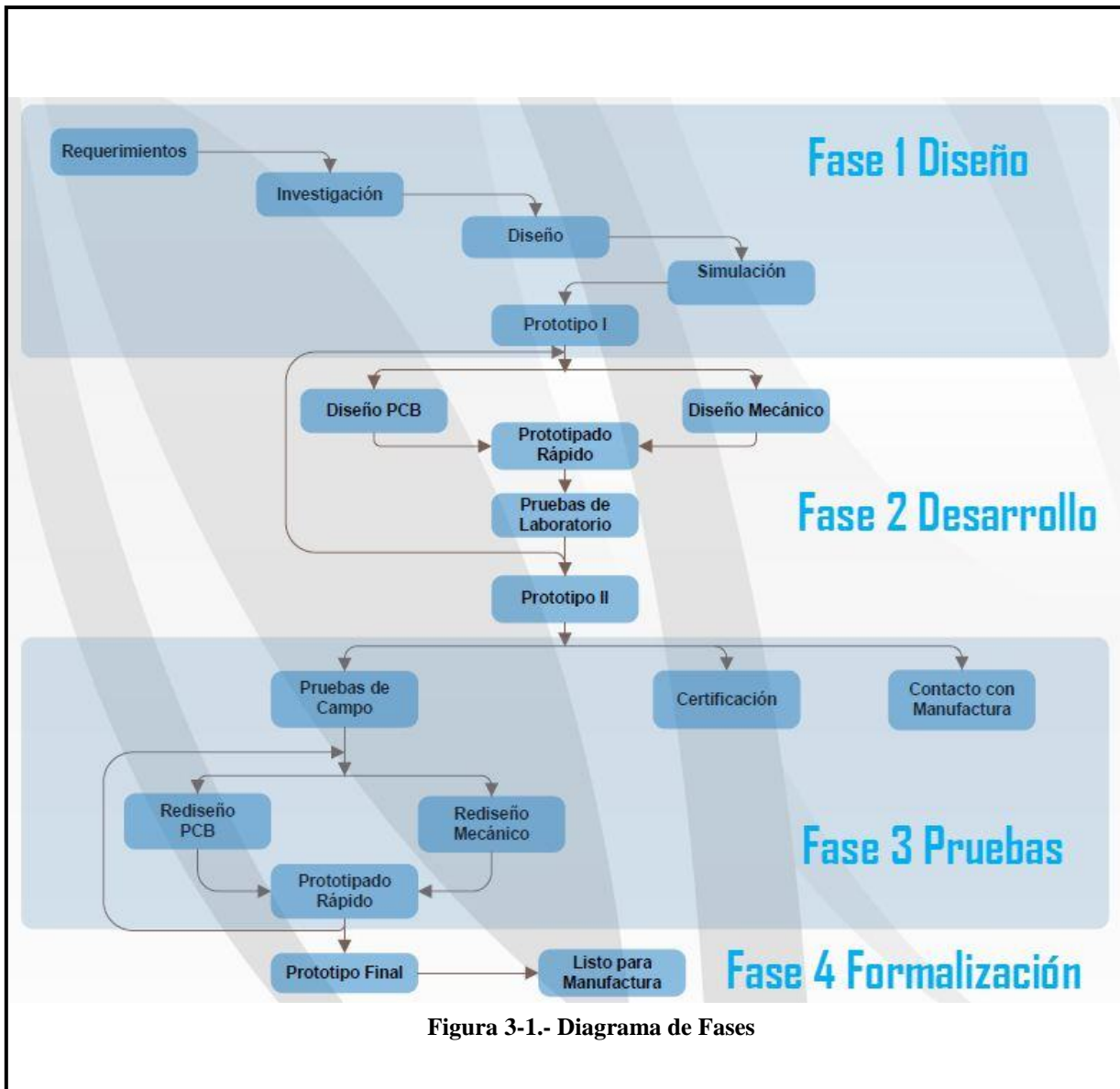
Para definir la manera de administrar proyectos donde interviene el desarrollo de dispositivos electrónicos con miras a la industrialización comercial se propone lo siguiente:

- Definir como base para administración del proyecto: RUP.
 - Debido a que RUP es un método para administrar proyectos mediante un desarrollo iterativo que utilizando una retroalimentación que conlleva al cambio entre fases o tareas anteriores hasta alcanzar el objetivo deseado. Básicamente RUP tiene 4 fases importantes en toda su ejecución: Inicio, Diseño, Desarrollo y Pruebas; lo que hace a la estructura del proyecto mucho más sencilla y entendible. La iteración de etapas de diseño es un sistema ampliamente recomendado en la industria [1], [2], [3] y [4].

- Se desecha CMMI como base para la administración del proyecto, debido a que es un proceso más apegado al desarrollo software. CMMI proveniente de ingenieros en software, hace un muy buen método para el desarrollo de productos y servicios e inclusive mantenimiento programas informáticos (software). Cabe mencionar que dentro de las buenas prácticas establecidas por CMMI se menciona realizar procesos iterativos, sin embargo no es lo más importante dentro de su proceso. CMMI funciona muy bien en el entorno de la industria software al ofrecer certificaciones de nivel de madurez a las empresas del ramo, colocándolas con un plus para los clientes que requieren de éste tipo de sellos en las empresas a elegir para el desarrollo o solución de problemas relacionados a éste tipo de necesidades, pero no aporta estos beneficios para el diseño de dispositivos electrónicos.
- Utilizar las experiencias mostradas en publicaciones de prestigio, para fundirlas en RUP, con miras a tomar en consideración cada uno de los más importantes pasos dentro del diseño de hardware electrónico.
 - Si bien no existe un organismo similar a CMMI que pueda otorgar certificación a las empresas dedicadas a diseñar hardware, existe documentación al respecto publicada en revistas científicas, lo cual respaldan su contenido. En ésta documentación se puede encontrar que los procesos llevados a cabo para diseño hardware son orientados al diseño de microelectrónica específica, es decir, diseño de circuitos integrados, procesos de manufactura de obleas de silicio con arreglos internos de microelectrónica, diseño y manufactura de FPGAs, diseño y manufactura de microprocesadores para smartphones etc. Específicamente son diseños a nivel transistor, la cual en su estructura superficial no se asemeja al diseño y manufactura de dispositivos electrónicos con un uso específico dentro de proyectos de innovación. [1,2,3,4,14 y 15] La importancia de estos procesos aunque son distintos entre sí, es que mantienen semejanza en sus métodos, mismas que serán extraídos para incorporar en el flujo de desarrollo a realizar.
- Introducir Normatividades

- Apegar el diseño del dispositivo a los estándares actuales de diseño, como por ejemplo IPC. Al introducir IPC en el proceso de desarrollo y construcción se puede obtener una reducción de los costos de ingeniería en la fase final de industrialización. Se obtiene un ahorro en tiempo al pasar por análisis de DFM por parte de los encargados de producir a nivel industrial, lo cual implica también por otro lado un menor costo. De igual modo se obtiene un diseño para manufactura apegado a estándares mundiales.
- Introducción de Normatividades vigentes que puedan en un momento dado restringir la comercialización u operación del dispositivo, según las especificaciones de diseño (por ejemplo, para México, las NOM).
- Definir la interacción entre las diferentes líneas de desarrollo del producto.
 - Al desarrollar un proyecto que contiene la construcción de un dispositivo electrónico y además tiene la interacción de otras disciplinas durante el desarrollo del mismo, delimitar los tiempos de interacción entre diferentes departamentos de desarrollo como por ejemplo: Electrónica, Mecánica y Software, construye un flujo adecuado de construcción del producto final.

3.3. Diagrama del proceso



En la Figura 3-1 se plantea el diagrama del proceso a seguir para la realización del proyecto, se hace la división por fases: Diseño, Desarrollo, Pruebas y Formalización. Se define de manera clara las iteraciones a realizar para la liberación de prototipos determinando el fin de las tres primeras fases.

3.4. Requerimientos

El primer paso para desarrollar un dispositivo electrónico, o un sistema que conjunte un dispositivo específico para un software (ya desarrollado o que se esté desarrollando en

paralelo), es la recolección y documentación de requerimientos. Para efectos de la administración del desarrollo de proyectos el concepto de Requerimiento se adecua de la siguiente manera:

“Necesidad de un usuario para solucionar un problema o conseguir un objetivo”

De este modo se puede dar el panorama completo de lo que implica redactar un documento donde se exprese la necesidad del usuario, así como también, información útil que pueda generar restricciones en el diseño y fabricación del producto. En otras palabras se busca describir la funcionalidad del sistema en cuestión.

Al generar la documentación de requerimientos se busca principalmente:

- Requisitos
 - Detalles sobre lo que se tendrá que hacer.
- Viabilidad
 - Conocer si se podrá realizar o de lo contrario si no podrá hacerse.
- Alcance
 - Conocer si existe un tiempo determinado por el usuario.
 - Para administrar y calcular el recurso humano y monetario.
 - En caso de no haber restricciones de tiempo; calcular en cuanto tiempo se alcanzará el objetivo.
 - Administrar y calcular el recurso humano y monetario.

Además de los puntos anteriores, otros contenidos relevantes son:

- Descripción de cómo el sistema a construir ayudará a sus usuarios a realizar mejor sus tareas, con miras a generar retroalimentación en cuanto a características para su correcto funcionamiento.
- Ambiente de trabajo del dispositivo, para definir características mecánicas, grados de protección, normatividad que debe cubrir, etc.
- Si existe alguna restricción del uso de la tecnología a utilizar.

- Si existen requisitos no funcionales, es decir, lo que no se quiere que el sistema realice. Para redactar el documento de requerimientos, es deseable que se redacte de manera clara y entendible, con oraciones cortas y concisas, en lenguaje natural:

- El dispositivo hará X...
- Se obtendrán Y mediante Z...

Es recomendable complementar con diagramas y/o notaciones formales, de manera que el entendimiento del documento sea de manera fluida tratando de resolver cualquier tipo de duda generada por cualquier cuestión, en otras palabras y como ya se mencionó, tratar de realizar un documento claro y entendible.

La forma en la que se da este primer proceso para la elaboración de los requerimientos, en su mayoría es una serie de entrevistas con el cliente para determinar todos los puntos clave y definir lo que se pretende realizar. En casos, el cliente que requiere el desarrollo de un producto no tiene el conocimiento técnico para expresar sus ideas, las preguntas por parte del desarrollador son claves para definir todo el proceso siguiente. Este proceso debe cubrir la redacción y revisión iterativa por ambas partes de un documento de requerimientos, hasta llegar a un acuerdo.

Resultado:

Un documento firmado por ambas partes como acuerdo-compromiso de desarrollo.

3.5. Investigación

Existen campos importantes a realizar durante el desarrollo del proyecto, parámetros que indicarán o arrojarán información importante a considerar durante la elaboración del mismo.

- Propiedad Intelectual
- Normatividad Vigente
- Selección de Tecnologías y herramientas a utilizar.

- Identificación de proveedores: de componentes, prototipado rápido para PCB y para gabinetes, manufactura industrial, etc.

3.5.1. Propiedad Intelectual

Al desarrollar un producto, es necesario cerciorarse de no cometer algún delito relacionado a la propiedad intelectual, mantener la integridad del desarrollo es conveniente para el cliente y también para el desarrollador. Se deberá realizar una búsqueda de propiedad intelectual relacionada al producto con el fin de:

- Vigilar la propiedad intelectual y no cometer algún delito.
- Validar la viabilidad de realizar la protección de la idea y/o producto/proceso, mediante algún medio como patentes y/o modelo de utilidad.

3.5.2. Normatividad Vigente

El desarrollo de un dispositivo electrónico que tiene como finalidad posicionarse en el mercado de venta, pasa por un proceso de revisión para determinar el permiso y salida en el mismo. Se puede dividir en dos procesos diferentes:

1. Aceptabilidad Electrónica
2. Normatividad en el País.

Cabe mencionar que en aceptabilidad electrónica es recomendable adoptar la normativa IPC. Por otro lado, en México existen normas como las Normas Oficiales Mexicanas donde se cuenta con un apartado donde se busca prevenir los riesgos a la salud, la vida y el patrimonio.

3.5.3. Selección de tecnologías y herramientas a utilizar.

Una vez establecido el documento de requerimientos, se procede a investigar las herramientas tecnológicas ideales para ser implementadas en la solución del problema.

Estado del Arte

Es indispensable realizar una investigación del estado del arte, debido a que funciona como una mirada tecnológica de las soluciones que se les ha dado a problemas similares, servirá

como ayuda para dar una solución adecuada con las técnicas más recientes, al mismo tiempo permitirá la selección de las tecnologías adecuadas para ofrecer una solución. Como sugerencia, es importante considerar los documentos de divulgación científica que se pudiesen encontrar en la WEB y en lugares de divulgación como IEEE (por sus siglas Institute of Electrical and Electronics Engineers) es importante mencionar que sitios de divulgación científica como éstos manejan tarifas monetarias para el acceso a ésta documentación.

3.5.4. Identificación de proveedores

Una vez adquirido el conocimiento de técnicas y herramientas recientes para resolver el problema y ofrecer una solución, se recurre a la investigación de los componentes a utilizar, mediante el análisis del documento de requerimientos y del diagrama funcional se irá realizando una lista de componentes para su compra posterior. Es importante mencionar que debido a que el enfoque de este documento está orientado al desarrollo electrónico para dispositivos, se mencionan proveedores de componentes electrónicos. A continuación una pequeña lista para ofrecer un panorama de los principales proveedores para consumo al menudeo con el fin de obtener prototipos rápidos.

- Newark
- Mouser Electronics
- Digikey
- Steren
- DF Robot

Existen componentes que no son comercializados por proveedores como los mencionados, lo que lleva a la investigación y compra directa con los fabricantes, la mayoría de estos componentes son especializados como por ejemplo: cámaras, sistemas complejos para medición, computadoras portátiles, etc.

Una vez seleccionados los proveedores, se procede a realizar un proceso de compras para obtener dichos componentes. Esta parte del proyecto es importante, pues va definiendo la forma en la que se dará el desarrollo.

3.6. Diseño

El diseño dentro del flujo del proyecto está dividido en tres tipos de diseño según la fase en la que se encuentre, en la fase de Diseño se encuentra el Diseño Inicial, en la fase Desarrollo se encuentra el Diseño de Circuito Impreso y Diseño Mecánico o de gabinete, posteriormente en la fase de Pruebas podemos recurrir al Rediseño del PCB y/o del gabinete, en caso de requerirse. A continuación se describe el tipo de diseño según la etapa en la que se encuentra.

3.6.1. Fase de Requerimientos.- Diseño Inicial

Es el proceso, como su nombre lo indica, para generar el diseño inicial de la solución, el cual constará de los diagramas esquemáticos que permitan la funcionalidad del dispositivo. A partir de la construcción de éste diagrama se observará el surgimiento de problemas que deberán ser resueltos con la aplicación del diseño análogo y/o digital. Se realiza la selección de componentes electrónicos específicos como Microcontroladores y sensores así como también el tipo de encapsulados como SMT o TH para facilitar la implementación del prototipado rápido.

Este diseño pasa en realidad por varias fases, se trabaja inicialmente con programas de simulación para probar los conceptos principales, de manera que al mismo tiempo que se prueba la funcionalidad del circuito, en caso de requerirse el uso de micro-controladores, se desarrollan los algoritmos de control para lograr una funcionalidad básica. Una siguiente fase, es el prototipado rápido primero de las partes críticas y luego del circuito completo, en la cual se implementan en proto-boards o tarjetas prototipo el circuito simulado y se prueba su funcionalidad, mientras se ajusta el firmware de los microcontroladores incluidos.

3.6.2. Fase de Desarrollo.- Diseño de Tarjeta Electrónica

El diseño de la tarjeta electrónica o mejor conocido como Printed Circuit Board (por sus siglas en inglés PCB), establece un paso de madurez en el desarrollo del producto, además de que se propone la geometría de la tarjeta electrónica se comienza a integrar la normatividad en

diseño electrónico IPC, de este modo el diseño a obtener contiene rasgos e ingeniería para industrialización. Cabe mencionar que de igual modo como sucede en el diseño inicial, éste diseño no se espera, sea el final, debido a que se esperan cambios de cualquier tipo durante las etapas de prueba o revisiones. En esta etapa se re-evalúan los encapsulados de los componentes, buscando la selección definitiva de estos con miras a la reducción de tamaño, facilidad en el ensamble, etc.

El objetivo de considerar las normas IPC en los diseños PCB es minimizar el tiempo para una futura producción, es decir, al finalizar el proyecto normalmente el proveedor para la producción industrial realiza una revisión minuciosa para determinar si el dispositivo se puede considerar un dispositivo para manufactura, es decir, para lograr esto, el diseño debe pasar por las revisiones de normatividad IPC en cuanto a la aceptabilidad de ensamblajes electrónicos IPC-610, así como también revisiones que van de la mano a la línea de producción por parte del proveedor de manufactura.

Como parte del diseño se deben considerar (por mencionar algunas) los puntos IPC para aceptabilidad de ensamblajes electrónicos:

3.6.2.1. Consideraciones IPC

Actualmente en el ámbito del diseño electrónico, existen fuentes bibliográficas varias con recomendaciones hacia las buenas prácticas del diseño de circuitos para la manufactura de tarjetas de circuito impreso, PCB (Printed Circuit Board, por sus siglas en inglés), cada ramo dentro de la electrónica contempla ciertos criterios a la hora de transcribir un diagrama esquemático hacia un diseño de circuito en un software CAD especializado, por lo que el criterio del diseñador y su preparación técnica influye a la hora de realizar un diseño, es decir, el diseñador realizará la tarjeta de circuito impreso en base a sus buenas prácticas y documentación y/o experiencia, sin embargo, en algunas ocasiones puede o no cubrir los requerimientos de diseño de la empresa manufacturadora, debido a la diversidad de empresas que existen y realizan la industrialización o maquila de circuitos impresos. Con lo anterior, cada empresa manufacturera cuenta con los requerimientos mínimos y máximos para fabricar tarjetas electrónicas y por lo consiguiente el diseño se tiene que apegar a ciertos

requerimientos o requisitos que la tarjeta debe de cubrir para poder ser producida a gran escala, por la empresa específica que se elija. Estos requisitos pueden ser:

- Ancho mínimo de pistas.
- Separación mínima entre pistas y Pads
- Tecnología TH o SMD/SMT
- Número de layers/caras/capas
- Ancho de tarjeta
- Serigrafiado
- Diámetro mínimo para bias

Así como los requerimientos mencionados anteriormente los cuales se consideran los más comunes, existen otros requerimientos especializados que tienen que ver con la maquinaria interna del posible fabricante, es decir, requerimientos aplicados en el momento en el cual se realiza el ensamble de los componentes electrónicos en la tarjeta de circuito impreso, en este punto interviene más a detalle una interacción con el fabricante para acercar el diseño realizado hacia un diseño manufacturable por la empresa.

El diseñador deberá tomar en cuenta los estándares o especificaciones que requiere el diseño electrónico para que pueda ser sometido a fabricación y a pruebas de funcionalidad internas.

Normas IPC apegadas a la manufactura

Las normas IPC que se requieren habitualmente para producción industrial son:

- IPC 75351B - requerimientos para el diseño de montajes superficiales y patrones de superficie estándar
- IPC A-610E - Aceptabilidad de ensamblajes electrónicos.

A continuación se presenta una breve información general con referencia en las normas mencionadas anteriormente.

3.6.2.2. Puntos de prueba

Es muy importante considerar los puntos de prueba en el diseño del PCB, de este modo se empieza a crear el espacio suficiente para añadir todos los nodos donde pudiese existir una medición con alguna herramienta durante la línea de producción, una cama de pruebas por ejemplo. Como se mencionó en el marco teórico donde se describen las herramientas que se utilizan en la línea de producción para verificar y mantener normas de calidad propias del proveedor de manufactura industrial. Con el fin de considerar la realización de un Firmware y un puerto de comunicación para realizar pruebas, (“tests”) o en su caso como ya se mencionó considerar que la densidad de componentes en el PCB sea la adecuada para añadir puntos o pads de prueba en todos los nodos posibles.

3.6.3. Fase de Desarrollo.- Diseño Mecánico

El diseño mecánico está enfocado principalmente al diseño del gabinete o la estructura mecánica plástica o de cualquier otro material que cubrirá o protegerá a la electrónica diseñada para su propósito final, por mencionar algunos usos como: marítimo, médico, industrial etc.

El proceso de diseño se realiza en software CAD para una mejor visualización de concepto, debido a las facilidades de modelar en 3D. Como ejemplo se puede observar en la Figura 3-2, un diseño donde se involucra electrónica y mecánica.

El momento ideal para comenzar el diseño del gabinete, es una vez que ya se conocen las dimensiones y geometrías de componentes internos y externos como sensores, actuadores etc. Se debe diseñar en coordinación con el PCB, ya que tanto los requerimientos de forma y tamaño imponen restricciones al gabinete, como el propio PCB, debido a los componentes y su colocación, impone a su vez restricciones al gabinete.

Como ya se ha mencionado, la iteración de procesos durante el desarrollo del proyecto es algo común, de igual manera la iteración en el diseño mecánico se dará a lo largo de la concepción de la solución final. El uso de prototipado rápido como impresiones 3D para obtener piezas físicas que puedan ensamblarse para obtener prototipos funcionales, realiza en el desarrollo

del proyecto respuestas rápidas a los fallos y modificaciones que pudieran presentarse en pro de la perfección del diseño final.

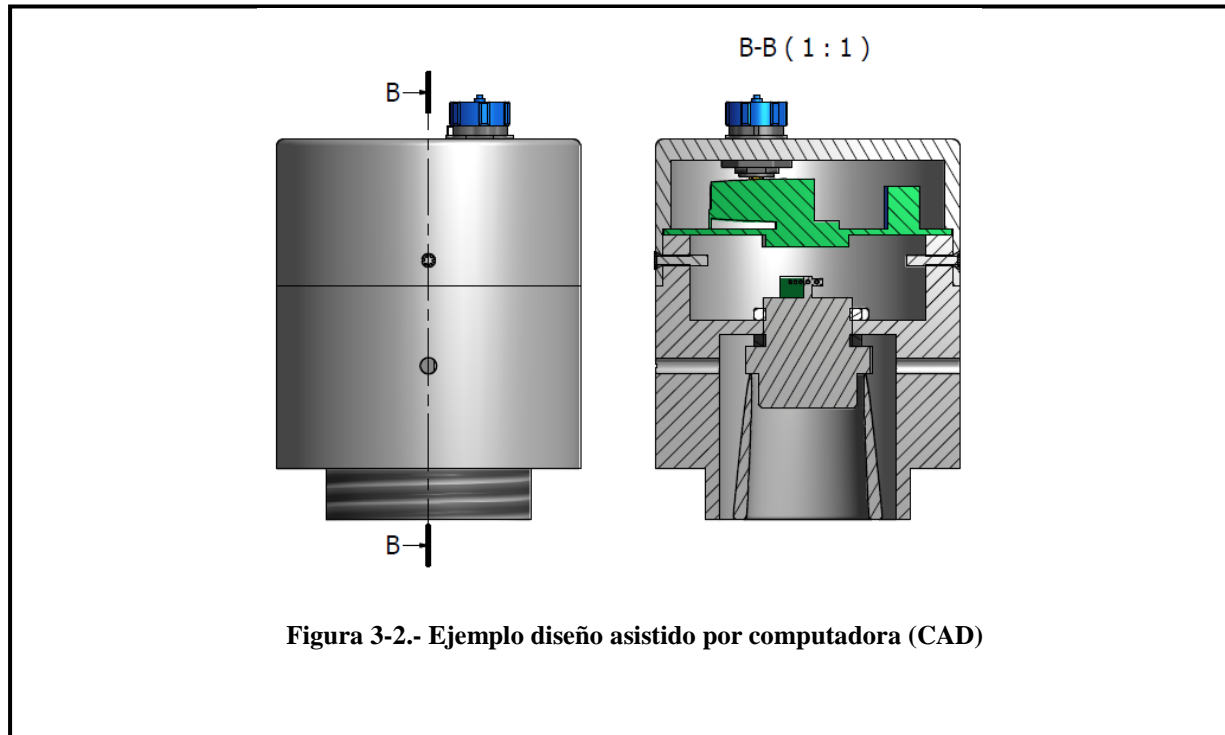
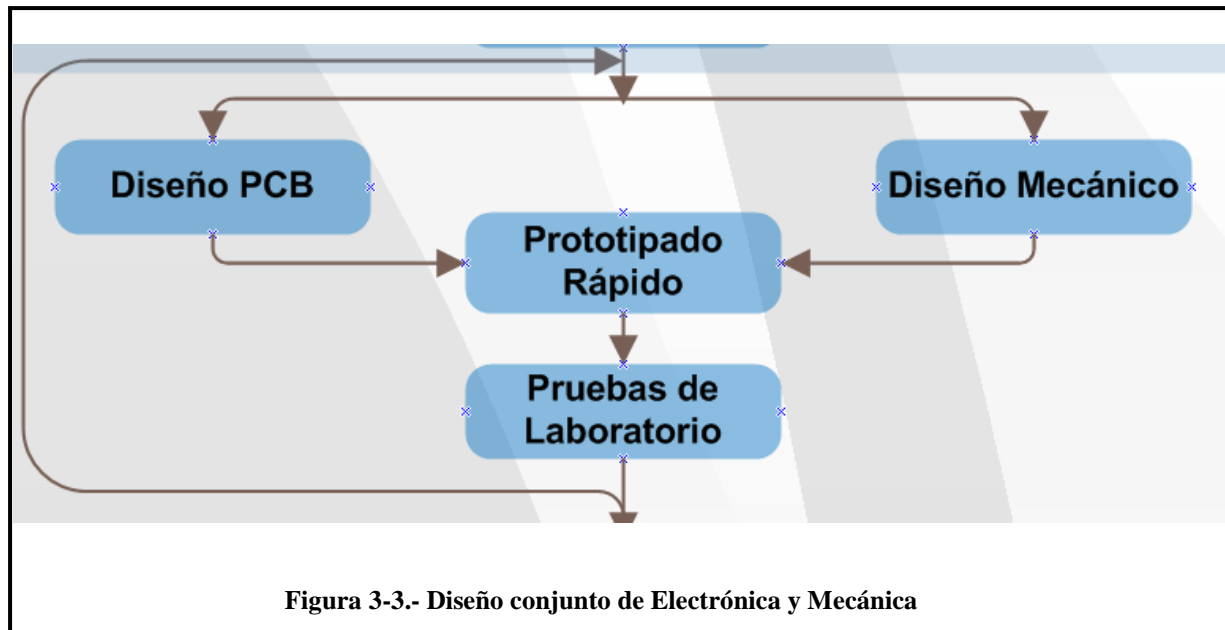


Figura 3-2.- Ejemplo diseño asistido por computadora (CAD)

El trabajo entre el diseño de la tarjeta electrónica y diseño mecánico es una tarea en conjunto, véase Figura 3-3, iniciada en la segunda etapa del proyecto, es importante mencionar esto debido a que la línea de interacción entre los departamentos de diseño es directa, como se mencionará en otro punto, la autorización otorgada a cada encargado de departamento, inclusive al mismo diseñador(es) para comunicarse directamente con los diseñadores correspondientes, hacen más eficaces los cambios que se necesiten realizar.



El diseñador o departamento mecánico para el gabinete y el diseñador o departamento electrónico enfocado a la tarjeta electrónica, realizan un trabajo de diseño apoyados entre sí, son muy importantes las retroalimentaciones que se puedan intercambiar, incluso la importancia del funcionamiento del producto final está reflejada en las recomendaciones que estos departamentos puedan a portar durante el diseño, debido a que nadie más conoce la anatomía del producto tangible. Los cambios recomendados deben de ejecutarse cuidando los requerimientos del producto, para hacer efectivo un cambio en diseño, la recomendación debe provenir de los dos departamentos previo análisis interno, de lo contrario no es un cambio válido. En la Figura 3-4 se puede apreciar un ejemplo de trabajo entre los dos departamentos en un proyecto, resaltando la importancia de verificación entre los dos diseños.



Fig. 20 Vista isométrica del dispositivo Vitadat modelo DX13

Posteriormente al ensamble de todos los componentes, se procedió a realizar diversos análisis de interferencia entre los componentes, con el objetivo de verificar que los elementos del sistema se encuentren correctamente fijados en los lugares correspondientes y validar la ausencia de obstrucciones o choques entre los elementos que puedan afectar al correcto funcionamiento del mismo, obteniendo finalmente la integración de todos los componentes para conseguir el dispositivo *Vitadat DX13* que se muestra en la Fig. 21.



Fig. 21 Integración final del dispositivo Vitadat DX13

Figura 3-4.- Trabajo entre los departamentos de diseño[28]

3.7. Simulación

La simulación es un proceso requerido para validación y prueba de los circuitos diseñados en los esquemáticos electrónicos, antes de realizar el primer Diseño PCB y obtener el Prototipo I. En electrónica el proceso de simulación es referenciado a la simulación computacional, el uso de herramientas en su mayoría software para simular el funcionamiento de circuitos, códigos para microcontroladores, entre otros.

En el flujo del proyecto, la simulación se refiere a simulación computacional y/o prueba física de componentes electrónicos. Es muy común el uso de tarjetas de desarrollo para probar tecnologías, mismas tarjetas cuentan con periféricos que hacen de la labor de diseño y prueba

una tarea fácil obteniendo facilidades al momento de interconectar bloques electrónicos, es decir, entiéndase como simulación al proceso de pruebas iniciales, donde se conjuga la implementación de tarjetas de desarrollo, tarjetas para prototipado (protoboards). Pruebas de laboratorio podrían pasar a ser un sinónimo de esta actividad dentro del proyecto. Para obtener una referencia visual, véase Figura 3-5.

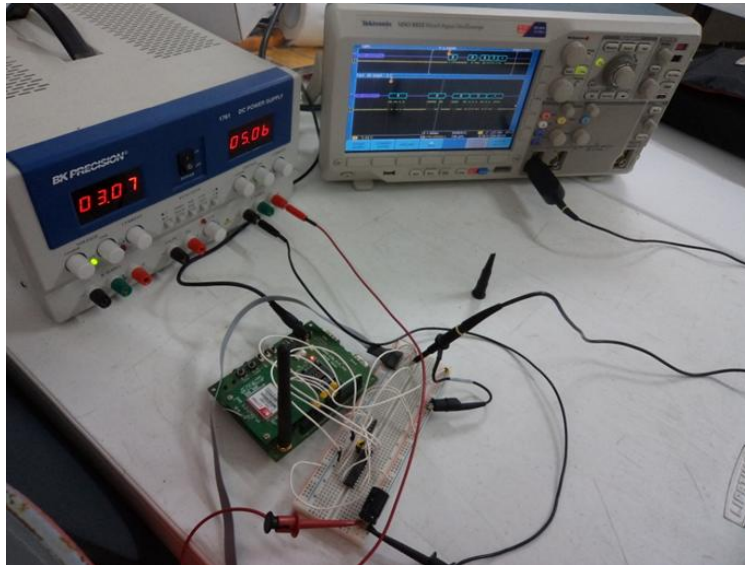


Figura 3-5.- Simulación física y/o computacional

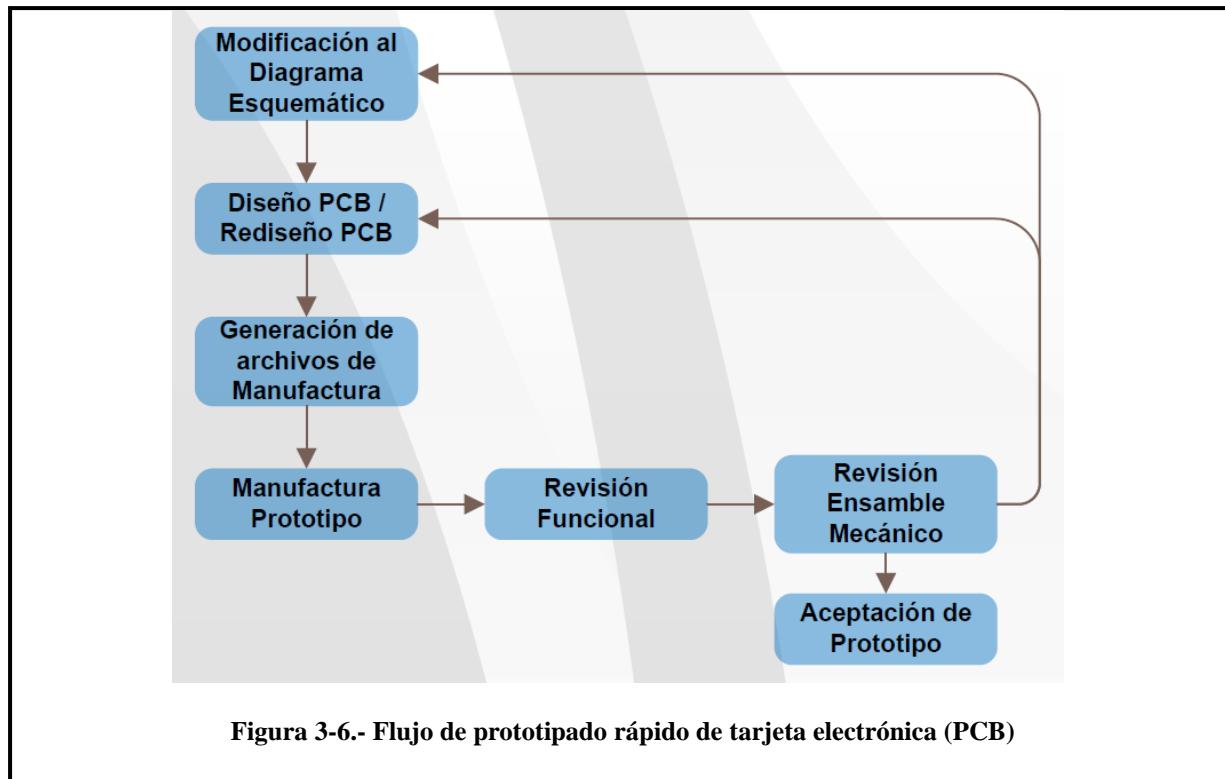
3.8. Prototipado Rápido

Se conoce como prototipado rápido al conjunto de tecnologías con las que se pueden obtener prototipos en menos de 24 horas a partir de ficheros CAD. Como consecuencia de la rapidez de prueba, el tiempo de desarrollo de un producto se reduce considerablemente a la mitad, quinta e incluso la décima parte. Conocido como RP (por sus siglas en inglés Rapid Prototipe) otorga la posibilidad de realizar pruebas diversas con las geometrías de diferentes piezas para validar el desarrollo del producto, de tal manera que la realización de los ajustes a los diseños iniciales para obtener las versiones finales pase por un proceso de desarrollo confiable. [26]

El proceso de prototipado rápido son las actividades de manufactura de los prototipos para corroborar funcionamiento y ensamble. Durante la fase dos y tres, el proceso de prototipado rápido se plantea en el flujo de desarrollo del proyecto, esta manufactura de prototipado rápido, es el resultado de las iteraciones de diseño electrónico y mecánico como se observa en

la Figura 3-3, esto quiere decir que la corrección de errores detectados así como la mejora en el diseño se corrobora mediante la manufactura de tarjetas y gabinetes.

Para el diseño electrónico el flujo común de prototipado rápido se puede apreciar en la Figura 3-6.



Como se aprecia en la figura anterior, una vez que se obtiene la tarjeta electrónica física (manufactura prototipo), se procede a ensamblar y realizar las pruebas de funcionamiento necesarias, es común ensamblar tres o cuatro tarjetas para realizar trabajos en paralelo junto al departamento de diseño mecánico. El flujo muestra la iteración interna, por ejemplo, después de pasar por la revisión con el ensamble mecánico se proceden a realizar las modificaciones que resulten de este proceso, modificación en diseño esquemático o modificaciones directas al diseño PCB. Es importante mencionar que por cada prototipo manufacturado en tarjetas electrónicas no se debe dejar pasar una revisión con la mecánica del gabinete, así sea que desde el proceso de revisión funcional de la tarjeta se encuentren errores de diseño, la revisión conjunta con la parte mecánica ofrece la oportunidad de reducir incertidumbre para lograr el prototipo final.

Para el diseño mecánico, como se presentó en la parte electrónica, sucede de forma similar el proceso de diseño iterativo interno, como se observa en la Figura 3-7.

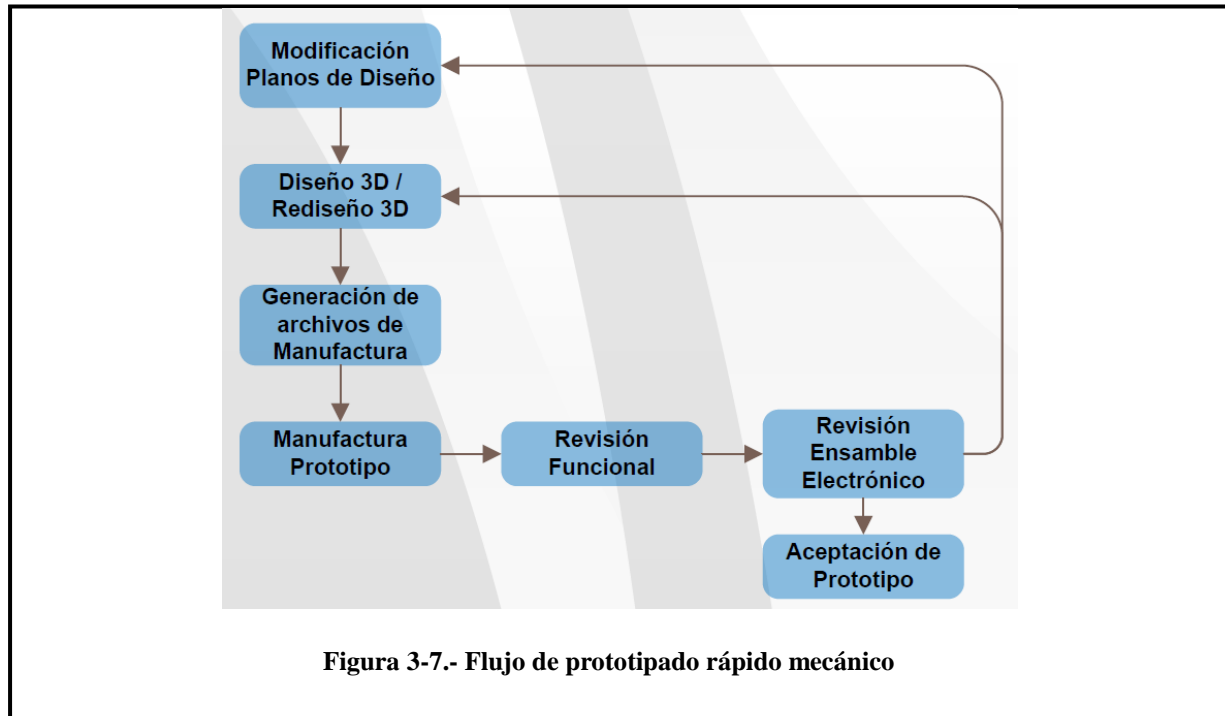


Figura 3-7.- Flujo de prototipado rápido mecánico

Las indicaciones son las mismas que en la iteración electrónica. Es común manufacturar dos o cuatro piezas para el trabajo en paralelo y al mismo tiempo aprovechar las oportunidades de corroboración con el diseño electrónico para reducir la incertidumbre de lograr el producto final. Se recomienda utilizar las tecnologías actuales para obtener prototipos mecánicos rápidos como la impresión 3D para el caso de plásticos, o bien, manufactura con proveedores locales como talleres CNC.

La realización en conjunto de estos dos procesos internos descritos, forman parte del prototipado rápido planteado en el flujo de desarrollo, se realizan las iteraciones necesarias para obtener la versión del prototipo según la fase correspondiente: Prototipo I, II y final.

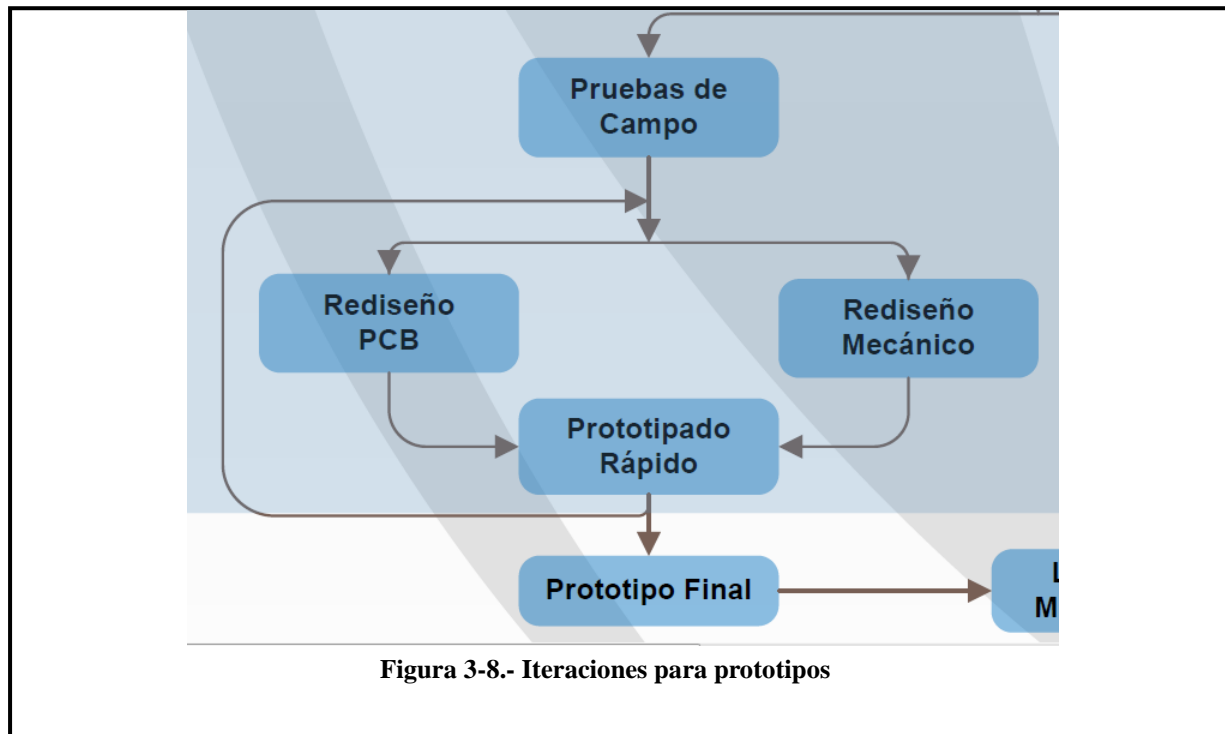
A continuación, recomendaciones nacionales e internacionales para prototipado rápido para electrónica y plásticos:

Prototipado Rápido PCB	Prototipado Rápido Impresión 3D
PCBRAPIDO.COM Circuitos Impresos, Ensamble e Insumos de Electrónica en México www.pcbrapido.com	TCM Tecnologías Computarizadas para Manufactura S.A de C.V Guadalajara México www.tcm.com.mx
DFROBOT DRIVE THE FUTURE China www.dfrobot.com	Plásticos Jogar S.A de C.V Inyección de plástico, baquelita, BMC y maquilas. Prototipos Rápidos, moldes de inyección, electrodos en cobre y más. D.F México www.jogarplastics.com
PCB FABEXPRESS One-stop PCB Fab & Assembly United Stated WWW.PCBFABEXPRESS.COM	Hardware Research & Development Lab Mérida Yucatán

Tabla 3-1.- Tabla proveedores prototipado rápido

3.9. Prototipo

Se podría definir al prototipo como el primer ejemplar completo de cada iteración, es decir, como se puede observar en la siguiente Figura 3-8, se obtiene un prototipo enseguida del proceso de diseño o rediseño, en cada fase el énfasis del prototipado es diferente. No hay que olvidar que el concepto prototipo aplicado a éste desarrollo se refiere al resultado físico funcional no importando los materiales utilizados siempre y cuando estén de acuerdo al desarrollo final.



Durante el desarrollo propuesto, se esperan en las primeras tres fases, prototipos funcionales como resultado de la ejecución de cada una de éstas. Se podrá observar el final del desarrollo la evolución del producto final en sus primeras etapas de diseño.

Prototipo I, Prototipo II y Prototipo Final, cada una de estas actividades representa el término de cada fase con su respectiva validación o liberación del diseño.

3.10. Pruebas

El desarrollo del producto final pasa por pruebas orientadas a corroborar el funcionamiento adecuado de todos sus componentes, en la fase 1 en “simulación”, fase 2 “pruebas de laboratorio” y fase 3 “pruebas de campo”, todas con distinto enfoque según el grado de avance del producto. Lo anterior quiere decir que el nivel de complejidad de las pruebas aumenta según el nivel de avance en el desarrollo del dispositivo.

Como se mencionó en el principio de la redacción de éste capítulo (capítulo tres), uno de los énfasis principales en ésta tesis para el desarrollo de proyectos con fines comerciales, es la importancia de lograr al final del desarrollo un avance muy significativo en los procesos de

validación DFM para obtener la comercialización en el menor costo y tiempo. Cumpliendo con este objetivo la etapa de pruebas consta de un significado muy básico y entendible, en el cual los ingenieros encargados de realizar pruebas, se documentan a través de los escenarios de funcionamiento que debe cubrir o debe realizar en el campo real el futuro dispositivo comercial. En la Figura 3-9 se remarca en rojo las pruebas a realizar en el desarrollo del producto.

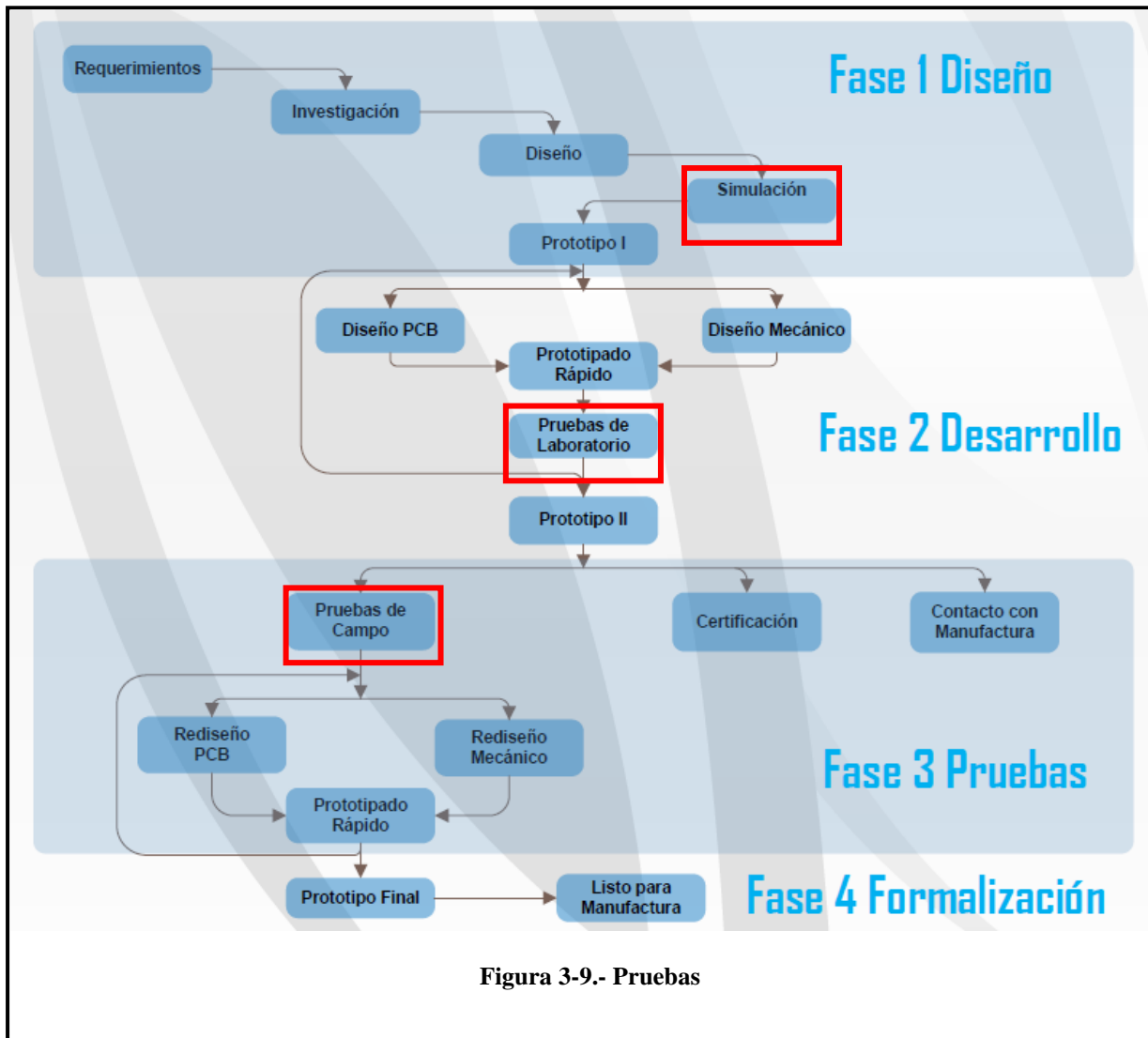


Figura 3-9.- Pruebas

- Pruebas en “Simulación”
 - Todas las pruebas de concepto realizables al avance del desarrollo, funcionamiento básico necesario del sistema en construcción.
- Pruebas en “Pruebas de Laboratorio”

- Pruebas realizables al dispositivo en un ambiente controlado, hasta este punto el diseñador electrónico y mecánico corren pruebas internas las cuales les dan retroalimentación para la corrección de errores y modificaciones en los diseños.
- Pruebas en “Pruebas de Campo”
 - El dispositivo o producto se encuentra en un estado de desarrollo avanzado, donde su funcionamiento podrá interactuar con el usuario final, en un ambiente real al cual será sometido en su etapa de comercialización.

Los escenarios de pruebas son planteados por los propios diseñadores o dueños del producto, soportadas por un proceso de investigación de pruebas aplicables al dispositivo, cada proyecto es diferente en su desarrollo.

Por otro lado, la importancia de estos puntos anteriores no es despreciada por la información que a continuación se presenta, debido a que es importante hacer coincidir los escenarios de pruebas locales con las pruebas por las que deberá pasar el producto en una línea de industrialización, siempre con el objetivo de aminorar tiempos y costos al llegar a la etapa de producción industrial.

Conocer los métodos de pruebas con los que cuenta la industria de manufactura para validar productos en sus líneas de producción es importante debido a que el objetivo es lograr, como ya se mencionó, una reducción en los procesos de DFM provistos por las compañías fabricantes. El conocimiento de éstos procesos asegura que los desarrolladores enfoquen sus pruebas internas lo más apegadas posible a la realidad en la industria, esto quiere decir que se tomarán en cuenta desde el principio del diseño para prevenir cualquier contratiempo en un cambio drástico tanto en la electrónica como en la mecánica, en el momento que la compañía seleccionada para producir el dispositivo requiera de validar en su línea de producción los dispositivos mediante las técnicas industriales estándar.

Para entender de forma clara el punto que se trata de explicar, véase la Figura 3-10

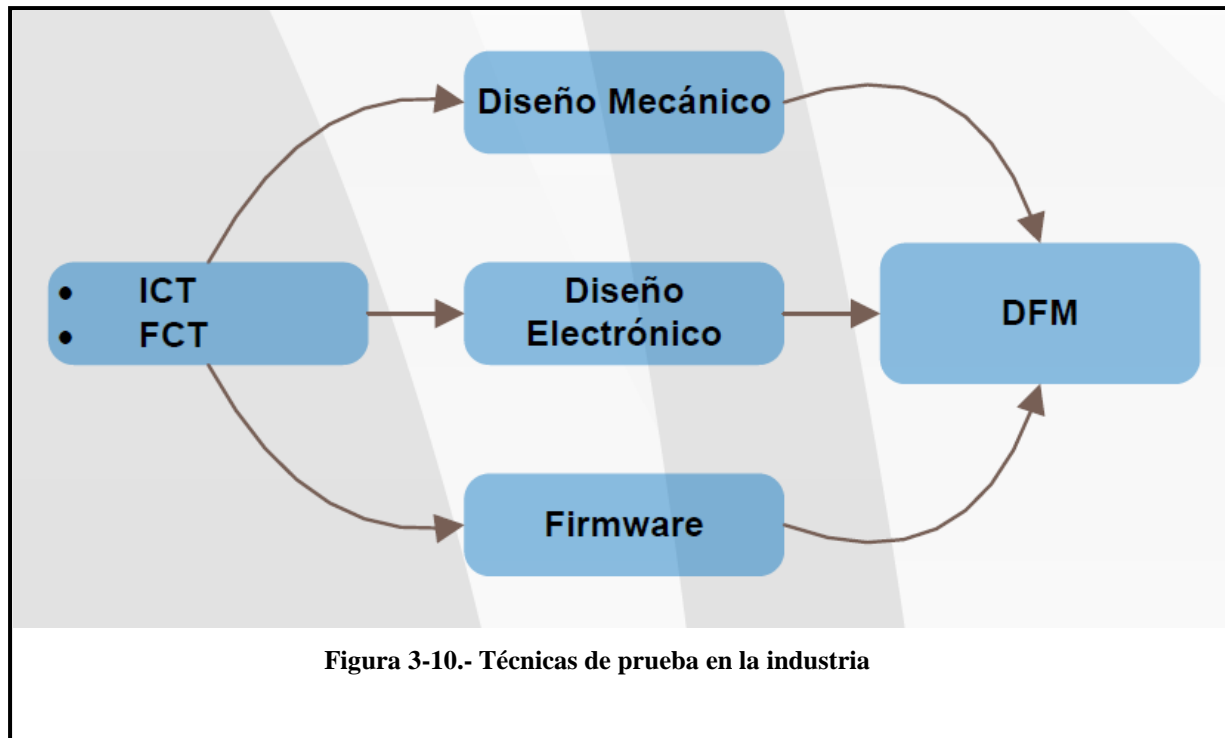


Figura 3-10.- Técnicas de prueba en la industria

En la Figura 3-10 se refleja la implementación del conocimiento hacia las pruebas reales que se aplican en la industria en una línea de producción para validar el producto. Para ser más específicos:

- Diseño Electrónico
 - Implementación de puntos de prueba en todos los nodos del diseño.
 - Diámetro adecuado de los puntos
 - Separación adecuada
 - Preferible colocar los puntos de prueba en una sola capa, de acuerdo al diseño, TOP o BOTTOM.
- Firmware
 - Codificación de librerías estructuradas para ser reutilizadas en el firmware de prueba.

- Realización de firmware de prueba, para validación interna local y al mismo tiempo definir un firmware de prueba para una posible validación en la línea de producción industrial
- Diseño Mecánico
 - El diseño mecánico no interviene en la misma magnitud como los puntos anteriores, sin embargo, la realización de un buen diseño para poner a disposición los periféricos donde el producto pueda enviar información como un conector USB, visibilidad en un display, un jack 2.5mm etc.

3.11. Certificación

La certificación es un proceso que va de acuerdo a la normatividad del país donde se pretenda comercializar el producto final, si el objetivo es minimizar tiempos para obtener el producto en el mercado, la certificación es un tema que no se debe dejar pasar. Desde la investigación en la fase uno, se establece la búsqueda de la normatividad a la que puede estar sometida el dispositivo o solución final. En el caso de México, como ya se mencionó, las NOM o NMX definen su salida al mercado de los dispositivos electrónicos.

Una vez que ya se identificaron las normas a las cuales pertenece el producto se procede a la certificación, ésta se hace a través de organismos oficiales los cuales otorgan los permisos legales que certifican que cubren las normas de seguridad vigentes en México, NYCE es uno de los organismos que realizan la normalización de este tipo de nuevos productos.

Parámetros importantes a considerar, durante el desarrollo, para la certificación:

- Elaboración de manual de usuario
- Elaboración de una hoja técnica
 - Debe contener todos los parámetros técnicos eléctricos como voltajes, corrientes etc.
 - Si cuenta con módulos de transmisión inalámbrica, debe de ofrecer la información de las frecuencias manejadas

- Elaboración de un manual técnico
 - A diferencia del manual a nivel usuario, éste es un manual que contiene toda la información técnica relevante a nivel diseño.
- Dos prototipos funcionales

El proceso a seguir, es sencillo:

- Contactar con el organismo que normalizará el dispositivo.
- Otorgar la información solicitada, normalmente:
 - Manual de usuario
 - Manual técnico
 - Hoja técnica
- Otorgar los prototipos para pruebas de laboratorio
- El organismo normalizador analizará las normas que debe de cubrir el nuevo producto e informará al dueño de la solución los costos que estos implica.
- El organismo normalizador realiza todas las pruebas necesarias con los prototipos así como también una memoria técnica de los procedimientos junto con toda la información (manuales y hojas técnicas), la cual entrega junto al resultado obtenido.
- En caso de aprobar los procesos técnicos para validar que se encuentran dentro del régimen de las normas, se expiden los certificados que avalan la normalización del producto. Se expiden los diseños que deberán llevar las etiquetas correspondientes en el producto para que pueda ser comercializado.

Es importante recalcar que una interacción temprana con este tipo de organismos normalizadores, reduce tiempos de contactos, de investigación de costos y de requisitos para obtener las certificaciones correspondientes. Los documentos técnicos que se requieren normalmente son documentos que deben de realizarse en cualquier desarrollo de un producto.

3.12. Métricas

3.12.1. Tiempo

Un factor importante para determinar que el proyecto ejecutado bajo el flujo propuesto, lleva un buen ritmo de desarrollo, es el tiempo.

Bajo el concepto de la manufactura de prototipos rápidos o prototipado rápido y además del concepto de ahorro en costo y tiempo, se puede tomar como puntos clave para evaluación del éxito en el proyecto en desarrollo, es decir, el objetivo es poder medir si los avances son satisfactorios para poder comparar el éxito que propone ésta tesis mediante las propuestas de trabajo.

A continuación se presentan tiempos estimados de actividades comprendidas dentro del desarrollo de un proyecto.

<i>Actividad</i>	<i>Semanas</i>
Investigación de tecnologías	1
Diseño Electrónico	2
Tiempo de espera para componentes electrónicos	2
Simulación	2
Prototipo funcional	1
Total en Semanas	8

Tabla 3-2.- Tiempos estimados Fase 1

<i>Actividad</i>	<i>Semanas</i>
Tiempo de espera para componentes electrónicos	2
Diseño Mecánico	2
Diseño PCB	2
Manufactura impresión 3D	2
Manufactura PCB	2
Ensamble y pruebas	1
Total en Semanas	11

Tabla 3-3.- Tiempos estimados Fase 2

En la Tabla 3-2 se presenta una estimación en tiempo de la fase 1, tomando en cuenta en base a la experiencia, el tiempo de desarrollo que conlleva a cada actividad, del mismo modo en la Tabla 3-3 los tiempos estimados son para la fase 2, la fase 3 contiene actividades similares en cuanto al rediseño de la electrónica y mecánica, a diferencia de la actividad llamada pruebas de campo, en la cual ésta, varía según el plan de desarrollo que se lleve a cabo con el cliente. Lo que se quiere decir, es que, en promedio cada fase de desarrollo (fase 1, 2) tiene una duración aproximada de 9.5 semanas, al referirse semanas tómesese a consideración la jornada

semanal de lunes a viernes, considerando sábado y domingo como no laborables, pero si como tiempos de espera. En el sentido estricto para el desarrollo de este tipo de proyectos el tiempo aproximado para obtener un prototipo en forma (prototipo II), es decir, basados en el flujo continuo de desarrollo propuesto, es de 5 meses. En 5 meses el proyecto será capaz de ofrecer un prototipo que contenga un aspecto lo más apegado en funcionamiento y forma al prototipo final. Cabe mencionar que sólo se refirió a las actividades de desarrollo, despreciando el tiempo de algunas actividades como la toma de requerimientos, debido a que es una actividad la cual puede llevar un tiempo aproximado de 1 mes, donde las entrevistas y la escritura de documentos forman parte, con el riesgo de que el acuerdo con cliente pueda prolongarse más del tiempo estimado, es por esta razón que no se tomó en cuenta en la aproximación de este tiempo establecido para desarrollo.

3.12.2. Validación externa

Considerar que la propuesta de administración de proyectos está enfocada a grupos de desarrollo, tiende a tener evaluaciones internas dentro del equipo de trabajo, sin embargo, es importante y en algún momento (al final de la fase 3) existirá una evaluación externa, ésta evaluación estará compuesta por el posible proveedor de manufactura, es decir, en el proceso para industrializar el producto en desarrollo tiene que existir un acercamiento con el proveedor en donde es necesario un análisis por parte del mismo, para determinar si es posible la manufactura a los niveles requeridos, debido a que se tienen que cubrir las especificaciones y requerimientos para montar una línea de producción. El proveedor de manufactura comúnmente ofrece una retroalimentación después de revisar los archivos de diseño y lista de materiales. Los archivos de diseño los analiza (la mayoría de proveedores) en base a las normas IPC, de igual manera con algunas consideraciones internas que tienen que ver con sus capacidades para elaborar el producto. La lista de materiales o B.O.M (“Bill of Materials” por sus siglas en inglés) se revisa para evaluar la disponibilidad de los componentes electrónicos así como su continuidad en el mercado.

El mejor resultado de éste análisis:

- Cambios mínimos

- Cambios mínimos en el diseño de la tarjeta o en el diseño, de manera que la ejecución de estos cambios no lleven semanas de trabajo.
- Componentes disponibles
 - Un buen análisis de disponibilidad de componentes, es decir, manejar componentes que no están próximos a estar obsoletos y que su producción se encuentre segura por un largo tiempo, es un obstáculo menos, es decir, si por alguna razón existe un componente que ya está obsoleto o que está próximo a serlo, implica la búsqueda de un reemplazo correcto, así como su implementación en el diseño, sus pruebas y cambios en esquemático y PCB, todo esto tiene un impacto en tiempo.

Se puede observar que las consecuencias de éste análisis externo se resume en tiempo de desarrollo, el tiempo que implique hacer los cambios, por lo tanto, mientras menos cambios existan, ésta métrica se cumple con éxito. El objetivo es obtener el visto bueno del proveedor de manufactura y validar que el producto puede ser industrializado.

3.13. Recomendaciones

A continuación se enlista una serie de recomendaciones las cuales complementan al esquema para desarrollo de proyectos de innovación.

3.13.1. Organización interna de las jerarquías de los departamentos de trabajo.

El esquema de trabajo que se propone bajo el esquema planteado, es una organización de trabajo en paralelo, es decir, en [15] se muestra la forma tradicional en que las jerarquías son planteadas en los proyectos tradicionales, véase la Figura 3-11, donde se ejemplifica un flujo de jerarquía tradicional aplicada a un proyecto de carácter espacial.

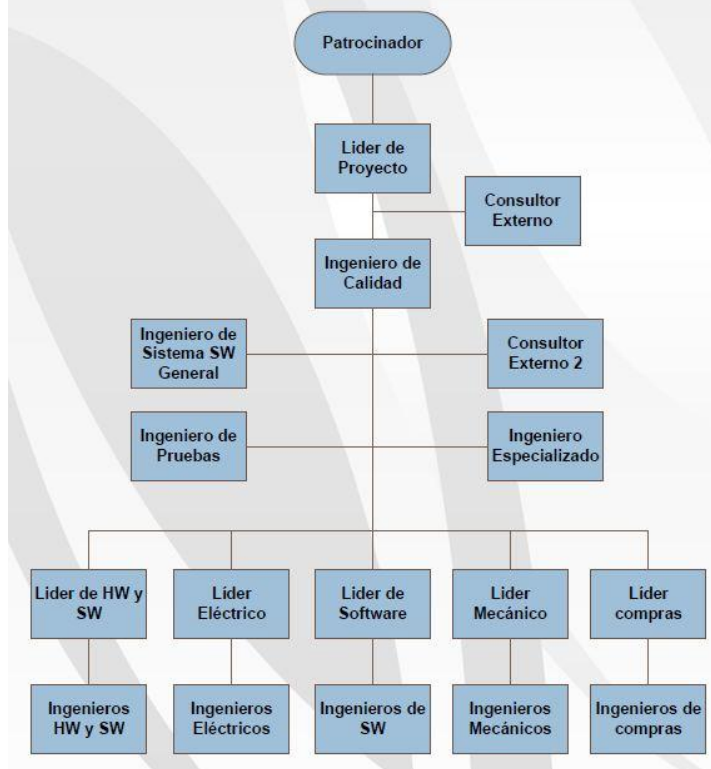
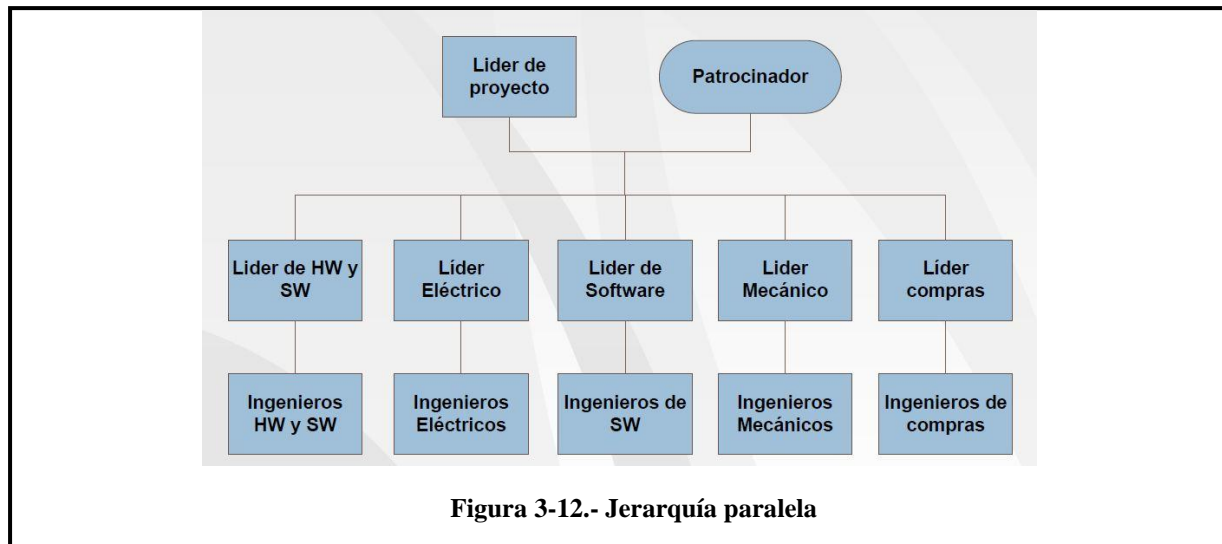


Figura 3-11.- Flujo de jerarquía tradicional [15]

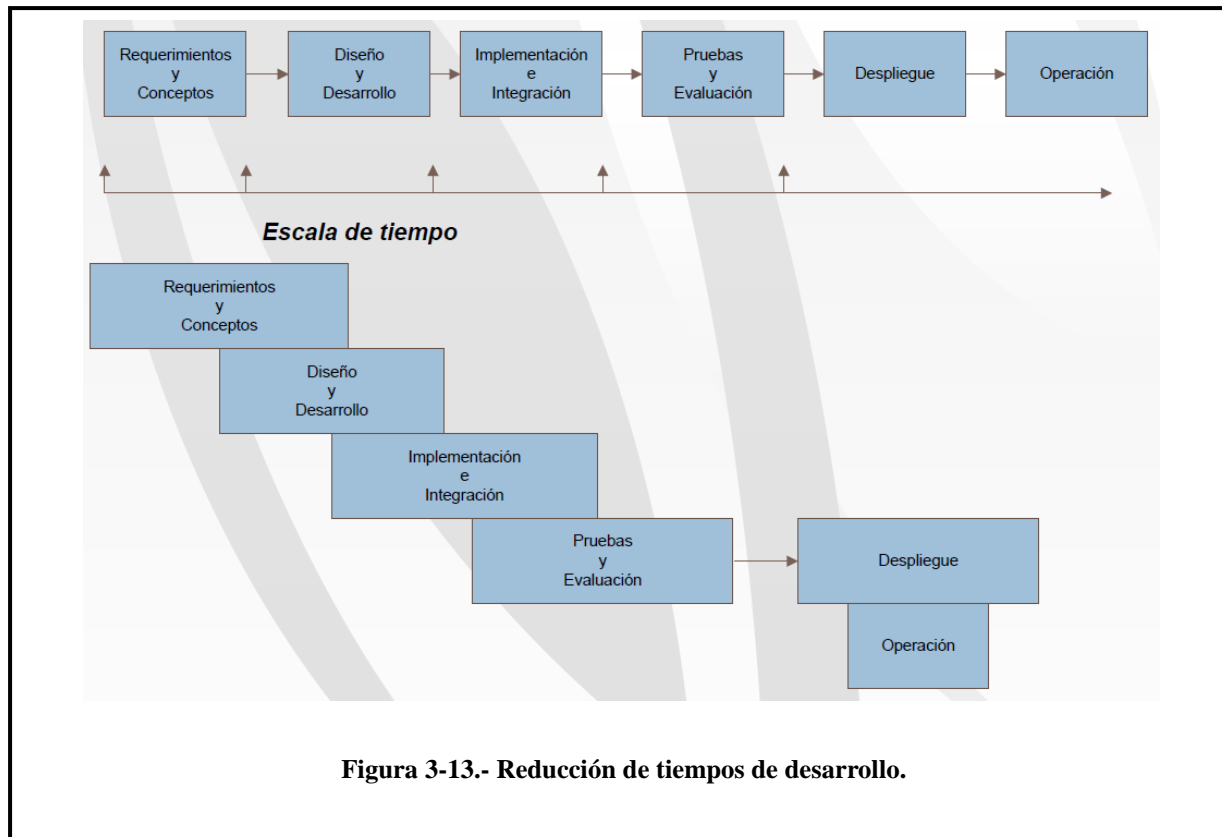
La experiencia propia ha demostrado que la recomendación de trabajar bajo una jerarquía en paralelo [15], reduce tiempos, específicamente a la hora de realizar cambios en los diseños, cada encargado de departamento tiene libre acceso hacia el director del proyecto e inclusive al patrocinador del mismo, no sin antes recomendar de igual manera, que al realizar las consultas para aprobación de cambios, éstas propuestas ya se hayan deliberado entre los departamentos correspondientes, de modo que la propuesta sea apoyada no sólo por un departamento sino por un conjunto, el cual le da más credibilidad a la necesidad de cambio.



En la Figura 3-12 se puede observar la recomendación de organización en jerarquías paralelas, en este caso, se refiere a los departamentos necesarios para el desarrollo de pequeños satélites, sin embargo, para efectos de desarrollo locales, la propuesta no está alejada de la realidad y de los diferentes departamentos que se pueden administrar. En el planteamiento de esta tesis, principalmente se proponen:

- Diseño Electrónico
- Diseño Mecánico
- Software
 - Software no es un tema muy mencionado en este desarrollo, sin embargo, se toca debido a que el proyecto puede requerir de la implementación de herramientas con las que deba interactuar el dispositivo, por ejemplo software en servidores o infraestructura que provoque una interacción con internet.

Otro resultado de implementar una estrategia de jerarquía y trabajo en paralelo es el siguiente: en la Figura 3-13 se muestra una línea de tiempo bajo un proceso tradicional y su comparativa al implementar actividades que puedan iniciar casi simultáneamente. La incertidumbre durante el proceso de desarrollo se reduce de manera significativa, evitando costosos retrasos debidos a la necesidad de esperar al término de fases para comenzar las siguientes.



3.13.2. Administración del tiempo

Para la ejecución del proyecto, es necesario elaborar un calendario de actividades para controlar los atrasos que pudieran presentarse. Tomar el control del tiempo perdido, mediante la toma de decisiones oportunas, permite desvanecer el riesgo que implique el no cumplir con los objetivos de cada fase o cada actividad. El cálculo de tiempo de cada actividad o fase, está en relación al tiempo estimado según las habilidades del equipo de trabajo, es deseable realizar el mapa de tiempos con la ayuda del personal que estará laborando en el proyecto.

Dentro del desarrollo de productos electrónicos y frecuentemente pasando por etapas de prototipos, se presentan frecuentemente los siguientes contratiempos.

- Atrasos en el tiempo de entrega en compras de componentes electrónicos.
 - Es común adquirir mediante proveedores internacionales la compra de componentes electrónicos, debido a esto, el tiempo de entrega está

condicionado a la disponibilidad del componente así como también la logística de entrega de las paqueterías y/o mensajerías involucradas.

- Tomar en cuenta el tiempo que los componentes puedan atrasarse en las fronteras de los países por donde circulará.
- Tomar en cuenta días festivos internacionales de donde provienen los componentes.
- Tomar en cuenta el riesgo de catástrofes naturales que pudiesen surgir

Debido a lo anterior, es recomendable el análisis de todos los factores mencionados y tomarlos en cuenta en los tiempos de desarrollo, de igual manera contemplar planes de contingencia para no recibir fuertes impactos de atrasos.

3.13.3. Componentes electrónicos disponibles

Al diseñar un producto que tiene miras comerciales, es decir, con planes de producción industriales para permanecer en el mercado comercial, es de suma importancia considerar al momento de diseñar la electrónica, la permanencia en el mercado de los componentes electrónicos a utilizar. Realizar una investigación para corroborar que los componentes electrónicos empleados en el diseño no están discontinuados o en vías de discontinuidad, previene de impactos en costos y tiempo por posibles cambios en los diseños.

El peor escenario es obtener un producto con un estatus comercial muy bueno y detener la producción del mismo, debido a que un componente electrónico ya no se fabrica.

Reducir la incertidumbre del escenario anterior es relativamente fácil al contactar al proveedor y confirmar la fabricación y distribución de los componentes electrónicos que conforman a la solución, en este caso, el producto.

3.13.4. Plantear un método de prueba

Durante el desarrollo del proyecto, es importante establecer una metodología para probar el sistema o producto. Ésta metodología debe estar enfocada al ambiente de ensamble, proponerla como si la línea de producción estuviese a cargo del equipo interno, de este modo,

el tipo de análisis y propuestas para realizar este tipo de pruebas, estará acorde a lo que se realiza en una línea de producción real. Lo que se espera obtener:

- Un firmware de prueba
 - Si el equipo o producto contiene un componente programable que le permita realizar pruebas del sistema que tiene interconectado, es preferible realizar un programa o una secuencia que pueda asegurarse que los componentes realizan una funcionalidad correcta. Por ejemplo:
 - Habilitar un display y mostrar los caracteres.
 - Enviar datos por un puerto de comunicación RS232, USB, etc.
 - Emitir un sonido con un buzzer.
 - Administrar la carga de una batería.
- Manual de ensamble
 - Establecer el método de ensamble por la vía más adecuada y rápida.
 - Realizar un documento con imágenes de ensamble con instrucciones certeras.

4. RESULTADOS

Bajo el esquema propuesto de desarrollo de proyectos planteado en éste trabajo, a continuación se presenta como resultado, el producto final de un dispositivo tele-médico propiedad de la empresa Cytron Medical [28], el cual provee la funcionalidad de monitoreo remoto a pacientes con enfermedades crónico degenerativas. La información provista no tiene detalles técnicos debido al resguardo de la propiedad intelectual, sin embargo, los puntos importantes a mencionar se enfocan en los objetivos alcanzados.

4.1. Diseño Mecánico

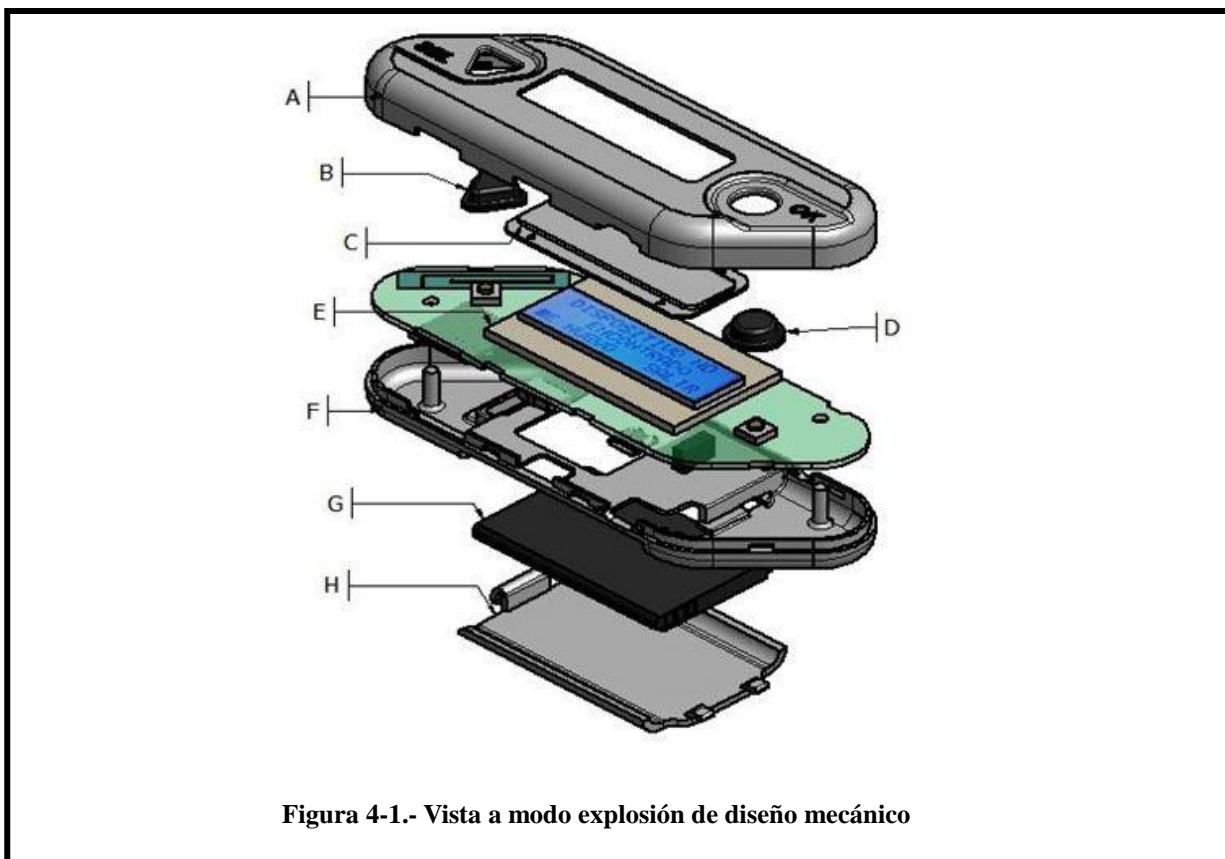


Figura 4-1.- Vista a modo explosión de diseño mecánico

- A. Pieza superior,
- B. Pieza botón izquierdo
- C. Pieza protector display
- D. Pieza, botón derecho
- E. Tarjeta electrónica
- F. Pieza inferior

G. Batería de alimentación

H. Pieza tapa de batería

Como se puede observar en la Figura 4-1, el diseño mecánico se elaboró acorde a las especificaciones del volumen de la tarjeta electrónica y sus componentes (E), de tal modo que el trabajo coordinado de diseño mecánico y electrónico permiten obtener resultados favorables.

4.2. Diseño electrónico.



Figura 4-2.- Tarjeta electrónica, capa superior (TOP)



Figura 4-3.- Tarjeta electrónica, capa inferior (Bottom)

En la Figura 4-2 y Figura 4-3 se observa el resultado del diseño electrónico donde el prototipado rápido y el ensamble artesanal en laboratorio, reduce la incertidumbre en el correcto funcionamiento del dispositivo.

Como se comentó en el punto 3.12.2, la minimización de tiempos de desarrollo es crucial y esto se verá reflejado en las evaluaciones externas, en este caso la evaluación realizada por el proveedor de manufactura industrial arrojó el siguiente análisis con las recomendaciones a realizar en el diseño electrónico.

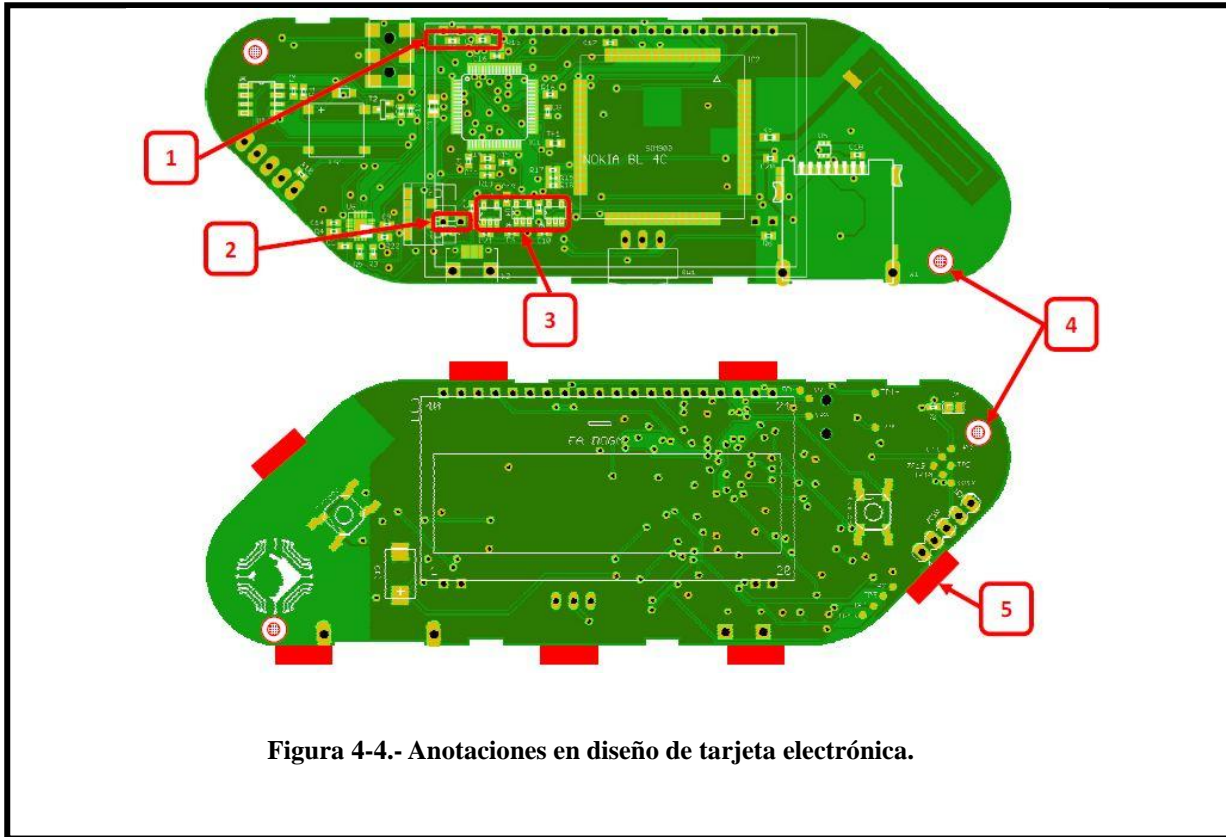


Figura 4-4.- Anotaciones en diseño de tarjeta electrónica.

En la Figura 4-4 se encuentran las anotaciones realizadas por el proveedor de manufactura, de tal manera que a continuación en la Tabla 4-1, se especifica la corrección a realizar para obtener la validación de manufactura.

Nota	Comentario
1	Ref 1: Al soldarse a mano el display, hay un riesgo alto de que se desprendan C2 y C5. Convendría alejarlos como mínimo 2 mm, de los pines 21-24 del display.
2	Ref 2: Puntos de soldadura manual próximos al conector X3 con riesgo de dañarlo al soldarlos. Alejarlos.
3	Ref 3: Ajustar el tamaño del pad a la dimensión de los pines de los componentes U2, U3 y U4
4	Ref 4: Añadir fiduciales de referencia en los extremos de cada una de las dos caras (un círculo de 2 mm de diámetro de cobre sobre una máscara de 4 mm)
5	Ref 5: Añadir sujeciones entre la placa y el panelizado. Al tener la PCB formas especiales y conectores que sobresalen del contorno de la placa, éste debe estar fresado al no poder desenchajarse en máquina mediante cuchilla.

6	Para facilitar la verificación y manipulación de los componentes, sustituir en lo posible componentes pasivos en formato 0402 por sus equivalentes en formato 0603
7	En general, los componentes están tan agrupados que impiden la colocación de Testpoints. Separarlos entre si en la medida de lo posible.
8	Espesor de la placa de 0,8 mm. Pasarlo a 1,2 mm reduciría sensiblemente su coste penalizando 0,4 mm la altura del producto resultante.
9	Definir e indicar mediante serigrafía el espacio para el etiquetado de la Placa.

Tabla 4-1.- Observaciones, retroalimentación para Diseño para Manufacturabilidad (DFM)

Al observar la Tabla 4-1 se puede obtener una idea del tipo de recomendaciones realizadas por parte de la empresa de manufactura, si bien no se tiene el contexto completo del proyecto para identificar las referencias como U2, U3, X3, etc. el objetivo de presentar esta información es el de mostrar los resultados y comprender a cerca del proceso en un proyecto real del tipo de interacción que se puede obtener con expertos en el ámbito de producción industrial con los cambios u observaciones realizadas.

Los cambios realizados en el diseño, como se puede observar, siguen las normativas presentadas en el marco teórico de éste trabajo, la empresa de manufactura basa sus anotaciones en las siguientes normas:

- IPC 7351B, Apdo. 3.4.4 FIDUCIAL MARKS
- IPC 7351B, Apdo. 3.4.6 VIAS GUIDELINES
- IPC 7351B, Apdo. 3.4.8 PANELIZATION
- IPC 7351B, Apdo. 5.7 PRINTED BOARD TEST CHARACTERISTICS
- IPC A-610E Apdo. 10.5 MARCADO
- NORMATIVA INTERNA GRUPO IKOR (empresa proveedora de manufactura)

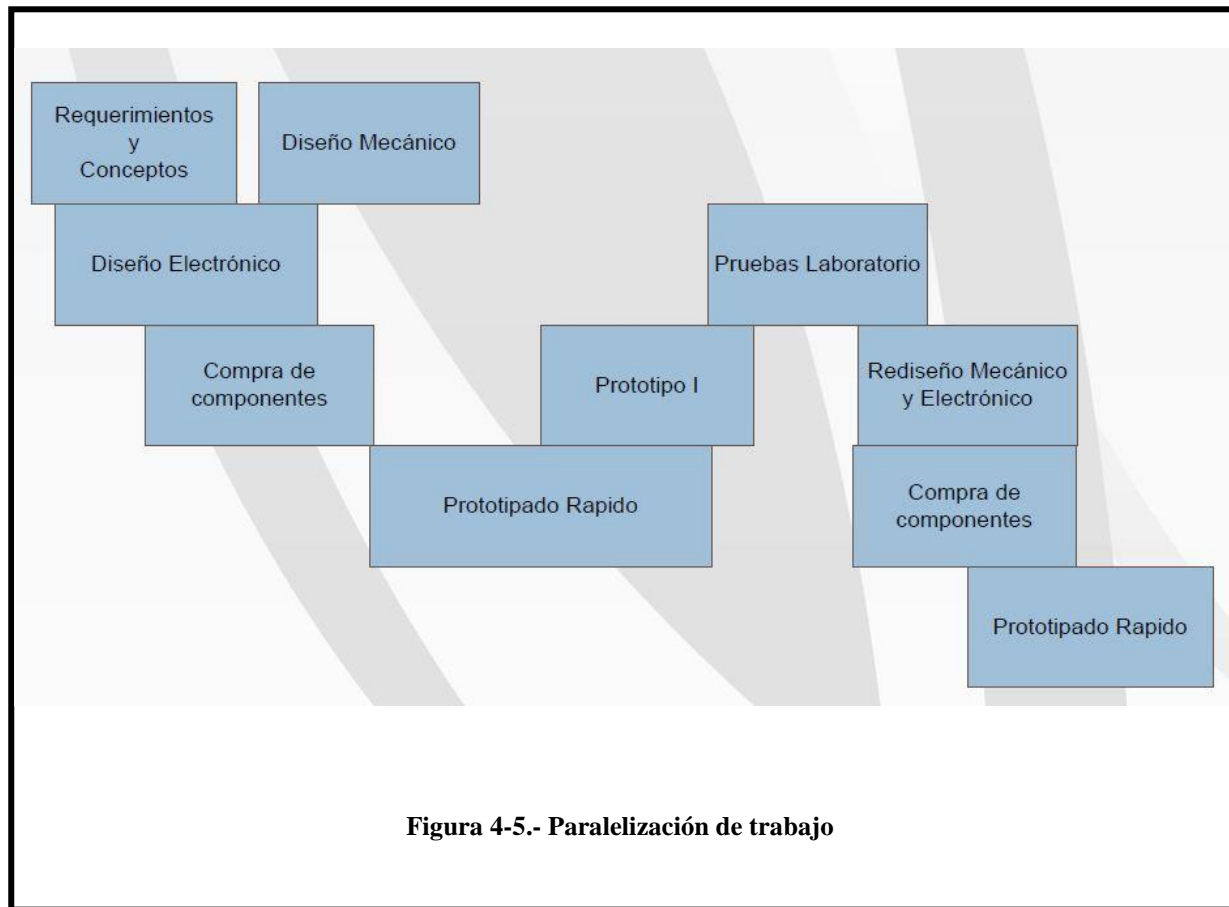
4.3. Tiempo de ejecución del proyecto.

El tiempo en el que el proyecto ejecutó el flujo de desarrollo fue de aproximadamente 5 meses, un total de 80 días. En la Tabla 4-2 se presenta un resumen de las principales actividades realizadas, con los días ocupados para realización.

# Fase	Actividades	Tiempo
Fase 1	Requerimientos, simulación.	15 días
Fase 2	Prototipo I, Rediseño	25 días
Fase 3	Prototipo II, contacto con manufactura	15 días
Fase 4	Correcciones, liberación prototipo final.	25 días
	Total	80 días/5 meses

Tabla 4-2.- Tiempos de actividades

El proyecto realizado se ejecutó en un tiempo corto, muy bueno, debido a que existía un contexto de desarrollo avanzado, sin embargo el proyecto como tal fue completamente nuevo a causa de cambios en los alcances del mismo, es decir, la visión de comercialización proveniente de la empresa dueña del producto le cambió completamente los requerimientos de diseño. Además de que las actividades, como bien se menciona en este trabajo, se hicieron de una manera paralela para minimizar el mayor tiempo posible, absorbiendo riesgos que pudieron haberse presentado, riesgos que se traducen en tiempos de espera, errores al realizar compras o manufacturar tarjetas y/o plásticos pudieron haber sido fatales y tener retrasos de 2 semanas, aproximadamente 15 días naturales. En la Figura 4-5 se puede observar un fragmento de todas las actividades realizadas, con el objetivo de mostrar el tipo de trabajo en paralelo realizado.



El buen diseño apegado a las normativas correspondientes, el trabajo en paralelo y una buena organización entre departamentos de diseño, dan como resultado una minimización de tiempos, en la validación externa por parte de la empresa de manufactura respecto a los cambios necesarios a realizar y un éxito en el desarrollo del proyecto completo en un corto tiempo.

4.4. Producto comercial

El proceso de desarrollo del proyecto, arroja como resultado el producto final dispuesto a comercialización, en la Figura 4-6 se muestran las inyecciones provenientes de los moldes de acero los cuales contienen el diseño realizado, se consta de varias partes las cuales son ensambladas sin el uso de tornillos.



Figura 4-6.- Plásticos inyectados del molde final

En la Figura 4-7 se encuentra la tarjeta electrónica final, la cual tiene la validación de la empresa que provee el servicio de producción industrial.

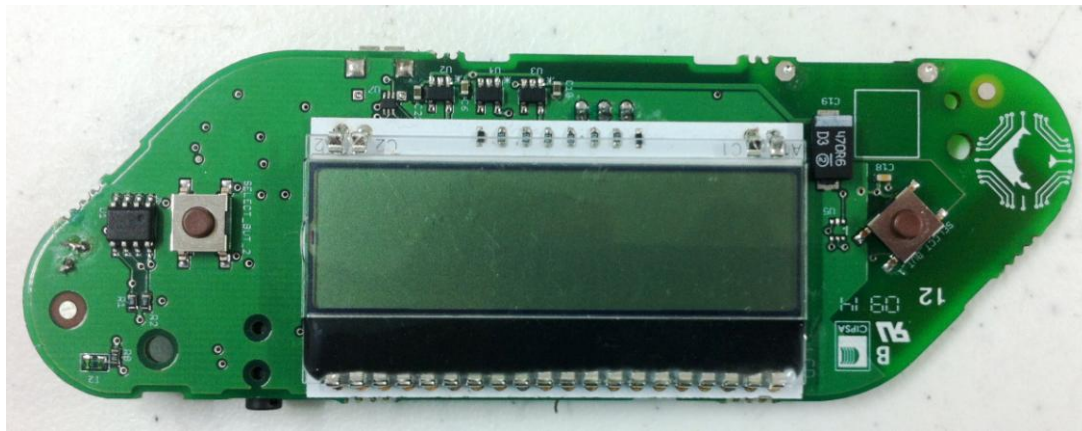


Figura 4-7.- Tarjeta electrónica final

Figura 4-8 hace referencia a la parte inferior del dispositivo, donde se parecía la cavidad para insertar una batería Li-Ion y su respectiva tapa.



Figura 4-8.- Vista inferior del dispositivo

En la Figura 4-9 se encuentra el dispositivo final armado con todas sus piezas, éste es el ejemplo del producto que estará bajo las líneas de distribución de la empresa dueña de la solución.



Figura 4-9.- Producto comercial

5. CONCLUSIÓN

El desarrollo de dispositivos electrónicos con miras a la comercialización, es un proceso complicado, debido al nivel de integración tecnológico que implica. Diversas compañías crean sus propios métodos de administración de proyectos de este tipo, gracias a la experiencia obtenida con años de desarrollo de productos y/o dispositivos electrónicos.

La información presentada en este documento, es el resultado de la experiencia de desarrollo en una empresa local, donde el esquema de trabajo se ha ido desarrollando paso a paso mediante la generación de soluciones en diferentes sectores con dispositivos electrónicos. Sectores que han sido atendidos como Salud, Automotriz, Marítimo y Logístico, con el desarrollo de productos, los cuales en el proceso de diseño, prototipado y manufactura, conciben un flujo de desarrollo contemplando los factores más importantes para obtener ahorros en tiempos y costos. El flujo concebido a partir de los desarrollos mencionados es la metodología descrita en los capítulos anteriores.

Los factores importantes a considerados:

- Innovación en los procesos de desarrollo.
 - Adoptar nuevos métodos de trabajo y tomar riesgos.
 - Adopción de técnicas para manufactura de prototipos.
 - Impresión 3D
- Diseño en base a normativas.
 - Normativas estándar internacionales de diseño electrónico.
 - Normativas federales de seguridad, en México.
 - Diseño apegado a técnicas de procesos en líneas industriales.
- Iteraciones de procesos.
 - La repetición de manufactura de prototipos, ofrece un bajo nivel de incertidumbre para lograr el objetivo: un producto electrónico en el mercado.
- Investigación.
 - El proceso de investigación, genera conocimiento y seguridad al momento de crear una solución tecnológica, la cual puede proveer en algunos casos propiedad intelectual.

- Certificaciones de producto.
 - Conocer sobre los organismos que ofrecen certificación, así como el proceso a cubrir para obtener los permisos de comercialización del nuevo producto.

Estos puntos anteriores, son el resultado de iteraciones y errores en la ejecución de proyectos, basados en experiencias propias y ajenas, consultadas de compañías que publican los métodos propios efectivos que les han funcionado. Seguir las indicaciones señaladas en ésta tesis, asegura un éxito en un tiempo considerable de desarrollo, por el contrario, desarrollar productos sin mirar casos de éxito, dará origen al éxito en un mayor lapso de tiempo, así como también a fracasos iterativos con altos costos en el desarrollo.

5.1. Trabajos Futuros

Este trabajo, como se ha mencionado con anterioridad es resultado de la experiencia profesional en el desarrollo de proyectos de innovación que tienen como objetivo culminar con un producto electrónico comercial, ofreciendo líneas de trabajo donde se pueda continuar con la iniciativa propuesta en ésta tesis.

La estadística es una herramienta que puede servir para mostrar resultados a través del tratamiento de datos recabados, los resultados mostrados en este trabajo corresponden a un proyecto en particular obteniendo un producto en corto tiempo validado por una empresa especializada en manufactura industrial, sería muy complicado implementar a nivel empresarial, es decir en diferentes empresas en el ramo, ésta propuesta, con el fin de demostrar la eficacia del flujo de desarrollo propuesto, sin embargo, se puede implementar en la ejecución de proyectos escolares semestrales así como también proyectos escolares financiados los cuales puedan contar con un flujo de efectivo, con el fin de medir la eficacia de desarrollar el proyecto bajo los parámetros propuestos y mejorar el proceso para orientarlo a una metodología de investigación a nivel licenciatura o nivel posgrado con carreras afines al tema, electrónica, mecatrónica, biomédica, etc. De este modo obtener datos para realizar métricas orientadas a detalle en casos de éxito y fundamentar mediante otros parámetros el uso de éste flujo de desarrollo de proyectos.

Por otro lado, el diseño mecánico el cual pasa a convertirse en diseño industrial para productos, no es un tema desarrollado con profundidad en este trabajo, de este modo, éste tipo de diseño se presta para realizar un trabajo enfocado a mostrar a detalle los procesos a considerar durante el diseño y manufactura de gabinetes cuando se trabaja en conjunto al diseño de tarjetas electrónicas. Si bien los procesos de Diseño para Manufactura (DFM) en el área de la mecánica están bien definidos a comparación del diseño electrónico, el enfoque de diseño mecánico industrial para proyectos de innovación apoyados en prototipado rápido como la impresión 3D es un tema del cual se puede elaborar y desarrollar un trabajo e investigación, debido a que éste tipo de herramientas son recientes, de las cuales las aplicaciones se han comenzado a expandir creando una necesidad de estudio para generar conocimiento e información.

Implementar estas nuevas metodologías de desarrollo de proyectos en actividades laborales o proyectos ajenos a las tecnologías de la información es factible, ya que el desarrollo de proyectos se basa en lineamientos, recomendaciones y buenas prácticas para obtener resultados positivos y éste trabajo considera los puntos que se acaban de mencionar, haciendo de ésta metodología, un modelo moldeable para aplicar un caso de estudio en otras áreas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Rey, NS Nagaraj, A. Kahng, F. Klass, L. Capodiecici, V. Singh, “DFM in Practice: Hit o Hype”, DAC 2008, June 8–13, 2008, Anaheim, California, USA.
- [2] J. Brandenburg, R. Camposano, M. Gianfagna, L. MArchant, S. Rawat, A. Kahng, J. Sawicki, N. Zafar, A. Sharan, “DFM: Where’s the Proof of Value?”, DAC 2006, July 24-28, 2006, San Francisco, California, US.
- [3] W. Chiu Tam, S. Blanton, “To DFM or Not to DFM”, Department of Electrical and Computer Engineering Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, DAC'11, June 5-10, 2011, San Diego, California, USA.
- [4] C. Wolff, I. Gorrochategui, M. Bucker, “Managing Large HW/SW Codesign Projects”, University of Applied Sciences and Arts Dortmund Emil-Figge-Str. 42, 44227 Dortmund, Germany, University of the Basque Country – Bilbao Barrio Sarriena s/n, 48940 Leioa, Bizkaia, Spai, Intel Mobile Communcations GmbH Düsseldorf Landstr. 401, 47259 Duisburg, Germany, September 2011.
- [5] L. R. Morales Pérez, “Diseño para Manufactura y Ensamble”, CIATEQ AC
- [6] M. Sandberg, “Design for manufacturing Methods and applications using knowledge engineering”, Doctoral Thesis, Luleå University of Technology Department of Applied Physics and Mechanical Engineering Division of Functional Product Development 2007.
- [7] Prentice Hall, “Design For Manufacturing – Guidelines”, 1998.
- [8] D. M. Anderson, “Desgin For Manufacturability: How to Use Concurrent Engineering to Rapidly Develop Low-Cost, High-Quality Products for Lean Production”, February 2014. www.design4manufacturability.com
- [9] Instituto Nacional de Tecnología Industrial, “Procesos de Diseño, Fases para el Desarrollo de Productos”, Buenos Aires Argentina, Septiembre 2009.
- [10] Rational Software, “Rational Unified Process”, Cupertino California, United States, 1998.
- [11] Ivan Jacobson, Grady Booch, and Jim Rumbaugh, “Unified Software Development Process”, Addison-Wesley, 1999.
- [12] IPC, Asociation Connecting Electronics Industries, <http://www.ipc.org/>

- [13] Bob Zeidman, The Universal Design Methodology-taking hardware from conception through production, December 26, 2002,
- [14] Hammer Carl, “Life Cycle Management”, Computer Science Univac, Washintong DC 2000, USA.
- [15] Huang P, Darrin A, Knuth A, “Agile Hardware and Software System Engineering for Innovation”, Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory and Back Nine Engineering Inc. 2012, USA.
- [16] Garrett C, Guarro S, Apostolakis G, “The Dynamic Flowgraph Methodology for Assesing the Dependability of Embedded Software Systems. 1996 USA.
- [17] Dollas A, Papademetriou K, Sotiriades E, Theodoropoulos D, Koidid I, Vernardos G, “A Case Study on Rapid Prototyping of Hardware Systems: the Effect of CAD Tool Capabilities, Design, Flows, and Design Styles”, Electronic and Computer Engineering Department Technical University of Crete, Greece, 2004.
- [18] Das K, Walker S, Bhushan M, “An Integrated CAD Methodology fot Evaluating MOSFET and Parasitic Extraction Models and Variability”, IBM Research Division, TJ Watson Research Center, Yorktown Heights, NY, USA, 2007.
- [19] Merriam Charles, “Computer Hardware Design Projects for Undergraduate Students”, Senior Member IEEE, USA, 1983.
- [20] Gattiker Anne, “Using Test Data to Improve IC Quality and Yield”, IBM Research Austin Lab, Austin TX, USA, 2008.
- [21] Li Bing, Ma Bao, Chen W, Yang Z, “The Design of Computer Hardware Curriculum Experimental Project Based on SOPC”, School of Mathematical and Computer Science, Xihua University Chendu, P.R China. 2009.
- [22] Cheng W, Kuo F, “Embedded Tutorial Summary: Diagnosis for Accelerating Yield and Failure Analysis”, 21st Asian Test Symposium, 2012.
- [23] Zhang S, Zhenglong Y, Cai H, Zhang Y, “Team Project: Computer Synthesis Design of Hardware and Software”, School of Information Engineering, Nanchang Hangkong University Nanchang, Jiangxi Province, China, 2013.
- [24] Schmadecke I, Leibold C, Bruckner H, Blume H, “Project Organized Education: From FPGA Prototyping to ASIC Design”, Leibniz Universitat Hannover Institute of Microelectronic Systems, Hannover Germany, 2013.

- [25] Cao Ke, “Design for Manufacturing (DFM) in Submicron VLSI Design”, Texas A&M University, USA, 2007.
- [26] Prototipado Rápido Modelos Físicos Tridimensionales, “¿Qué es el Prototipado Rápido?”.
- [27] Poole, I. (n.d.). *Radio-Electronics*. Retrieved Octubre 2013, from http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/ate/ict-in-circuit-test-tutorial.php
- [28] Cytron Medical, Reporte de Consultoría para el diseño y Desarrollo del Dispositivo Vitadat DX13-1, Mérida Yucatán, 2014.

7. GLOSARIO

DFM	Design for Manufacturability
ROI	Return on Investment
RADAR	Rule Assessment of Defect- Affected Regions
IC	Integrated Circuit
UDM	Universal Design Methodology”
LCM	Life Cycle Management
ODR	Only Design Review Revisión Única del Diseño
DFM(2)	Dynamic Flowgraph Methodology
FPGA	Field Programmable Gate Array
RUP	Rational Unified Process
UML	Unified Modeling Language
OMG	Objects Management Group
IPC	Institute for Printed Circuits- Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits
ANSI	Industria de Estándares Nacional Americana
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
NMX	Normas Mexicanas
NYCE	Normalización y Certificación Electrónica
ICT	In Circuit Test
PCB	Printed Circuit Board
MDA	analizador de defectos de manufactura
FCT	Functional Circuit Test
CMMI	Capability Maturity Model Integration
TH	Through Hole
SMD	Surface Mount Device
CAD	Computer Aided Design